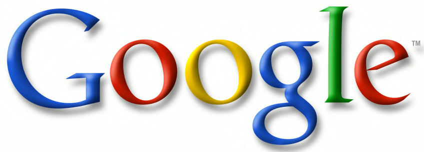
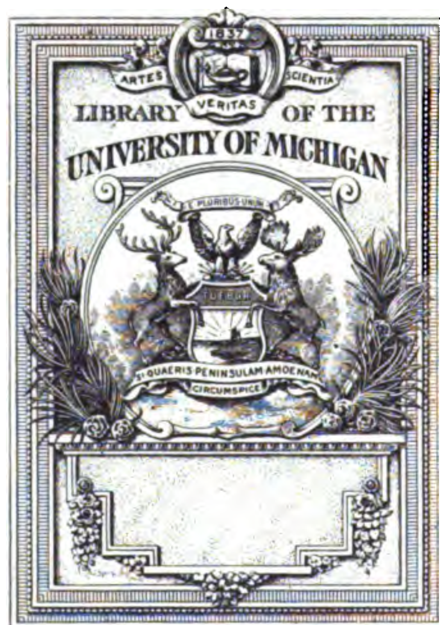

Google




1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

# ANNALES

# DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le directeur du personnel et du secrétariat, est composée ainsi qu'il suit :



L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit, à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics*, à M. l'Ingénieur secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

---

PARIS - IMPRIMERIE C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

# ANNALES
# DES MINES

OU

## RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

---

**HUITIÈME SÉRIE.**

---

MÉMOIRES. — TOME II.

---


PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES,

Quai des Augustins, n° 49

—

1882

# ANNALES
# DES MINES.

---

## P. G. F. LE PLAY

### NOTICE BIOGRAPHIQUE

Par M. LEFÉBURE DE FOURCY, Inspecteur général des Mines.

A une lieue au levant de Honfleur, sur la rive gauche de la basse Seine, s'étend le gros village de la Rivière-Saint-Sauveur. C'est là que, le 11 avril 1806, naquit Pierre-Guillaume-Frédéric Le Play, fils de Pierre-Antoine Le Play et de Marie-Louise-Rosalie Auxilion. Son père occupait un modeste emploi dans l'administration des douanes.

« Mes premiers souvenirs, raconte celui dont je veux retracer la vie, me reportent à la détresse des pêcheurs dont l'industrie était ruinée par la flotte anglaise gardant l'embouchure de la Seine et toujours prête à jeter sur la côte ses marchandises de contrebande. Les vieux matelots se consolaient des humiliations du blocus par le souvenir de leurs exploits dans la guerre maritime qui prit fin en 1783; » et,

# ANNALES

# DES MINES.

Nul, je crois, n'a su voyager comme Le Play. De petite stature, mais de taille dégagée, doué de jarrets d'acier, passé maître dans l'équipement du piéton, bravant les ardeurs du soleil comme les intempéries du ciel, résigné aux mauvais repas et aux mauvais gîtes, il accomplissait sans fatigue des étapes de 50 à 60 kilomètres, aussi dispos à l'arrivée qu'au départ. Nul aussi n'excellait comme lui à tirer des hommes et des choses jusqu'au dernier des renseignements utiles à l'objet qu'il avait en vue. Industriels et ouvriers, propriétaires et paysans, professeurs et étudiants, aubergistes et passants, tous étaient ses tributaires. Que de portes, fermées à d'autres curieux moins habiles, se sont ouvertes devant son irrésistible entregent ! Que de secrets n'ont point tenu devant sa finesse cachée sous la plus engageante parole !

Les voyageurs s'étaient proposé, dans chaque contrée, trois buts principaux : « 1° visiter les établissements spéciaux, offrant au mineur des modèles à suivre ou des écueils à éviter, séjourner sur chaque établissement le temps nécessaire pour en observer les faits essentiels, rédiger les notes propres à en conserver le souvenir ; 2° se mettre en rapport intime avec les populations et les lieux, pour établir une distinction nette entre les faits entièrement locaux et ceux qui ont un caractère d'intérêt général ; 3° rechercher avec sollicitude les autorités sociales de chaque localité, observer leur pratique, recueillir les jugements qu'ils portent sur les hommes et sur les choses. » Dans ce voyage, où ils parcoururent 6.800 kilomètres à pied, Le Play et Reynaud se mirent d'accord à l'égard de certaines thèses économiques reposant sur l'évidence des faits. C'est ainsi, par exemple, qu'ils reconnurent l'excellence des grandes corporations instituées dans les États allemands pour l'exploitation des mines métalliques. Ils ne réussirent pas à s'entendre sur la question sociale, point de départ de leur entreprise ; ils comprirent seulement

qu'elle présentait une complication dont ils ne s'étaient point tout d'abord rendu compte. Le Play s'affermit dans la pensée que la solution se trouvait en grande partie dans les *coutumes du passé*. Reynaud conserva ses convictions sur la doctrine du *progrès continu* et, en général, sur le concours que pouvait prêter, en cette circonstance comme en toute autre, l'*esprit de nouveauté*. En résumé, « ils revinrent à la fois plus divisés d'opinion et meilleurs amis que jamais ».

De retour à Paris, Le Play se mit activement, dans l'hiver de 1830, à la rédaction de son journal de voyage; mais un terrible accident vint interrompre son travail. Dans une préparation de potassium, une violente projection de cette dangereuse substance l'atteignit aux avant-bras. Accourus à ses cris, les élèves du laboratoire eurent à peine le temps de lui arracher ses vêtements en flamme. Les deux mains étaient horriblement dépouillées et calcinées. On le transporta dans le *cabinet chinois* attenant à la salle du Conseil, aujourd'hui englobé dans la nouvelle bibliothèque; on y installa un lit provisoire à l'aide de matelas empruntés au personnel de l'École, et, en attendant l'arrivée de sa mère et de sa sœur mandées du Havre en toute hâte, ses camarades se relayèrent tour à tour pour entretenir sur ses mains un courant d'eau froide, seul adoucissement à ses souffrances. Longtemps mal soignée par le médecin de l'École, l'affreuse brûlure ne céda qu'à une habile médication du célèbre Dupuytren. Au bout de dix-huit mois, Le Play retrouva l'usage de ses mains, déformées pour la vie, mais ayant conservé toute leur adresse pour l'écriture, le dessin et les manipulations chimiques.

Dès sa guérison, le blessé reprit et termina son journal de voyage. Ce travail fit époque à l'École et fut pour les élèves le meilleur des modèles. Édifiée sur les services qu'elle pouvait attendre de son auteur, l'Administration s'attacha ce dernier en lui confiant la direction du labo-

ratoire de l'École sous les ordres de Berthier, et la publication des *Annales des mines* en collaboration avec Dufrénoy.

Le séjour de Le Play au laboratoire fut de très courte durée. Berthier, que d'importants travaux avaient justement placé à la tête de la docimasie française, n'était point disposé à partager cet honneur avec qui que ce fût. Il craignit bientôt de rencontrer un rival dans son collaborateur, et l'association scientifique entre le professeur et l'élève se rompit d'un commun accord.

Il n'en fut point de même aux *Annales*. Ce recueil, commencé sous le titre de *Journal des mines* vers la fin de 1794, n'avait été que rarement interrompu; mais la rédaction en avait sensiblement faibli dans les dernières années, et avait même été suspendue en 1831. Une nouvelle série, la troisième, fut inaugurée en 1832. De notables additions furent apportées aux matières courantes; la gravure des planches fut plus soignée; d'importants emprunts furent faits aux publications anglaises et allemandes, que le nouveau secrétaire traduisait sans difficulté. Devenu d'adjoint secrétaire en titre, le 7 janvier 1837, Le Play n'en continua pas moins aux *Annales* son active collaboration. Il les abandonna en 1840, quand il fut chargé du cours de métallurgie.

La publication des *Annales* valut au jeune ingénieur une notoriété dont il ne tarda point à recueillir le fruit. A cette époque, la prospérité des mines de plomb rouvertes dans les Sierras de Gador et de Lujar avait attiré sur l'Espagne l'attention du monde industriel, et l'on racontait que de non moins riches filons se montraient aux limites communes de l'Estramadure et de l'Andalousie. Le Play fut chargé de vérifier l'exactitude de ces récits et de donner, chemin faisant, un aperçu géologique et statistique des richesses minérales de la péninsule. Nous avons de sa mission un très intéressant volume, extrait des *Annales des mines* (3e sé-

rie, tomes V et VI, 1834). Le livre s'ouvre par une rapide description des lieux que l'auteur a parcourus. Arrivé, par les voies les plus accélérées de l'époque, de Paris à Madrid et de Madrid à Almaras sur le Tage, nous le voyons organiser une caravane de muletiers, qui, portant son bagage, ses livres, ses minéraux, ses plantes, l'accompagna pendant près de deux mois entre le Tage et le Guadalquivir. Le naturaliste curieux de visiter ces contrées avec fruit ne pouvait guère alors compter sur la protection de la loi. Là où le moissonneur n'allait point aux champs sans être armé, le fusil n'était pas moins nécessaire au botaniste et au géologue que la serpe et le marteau. En présence de ces mœurs singulières et dans les longues excursions où l'on passait la nuit au milieu de solitudes recouvertes d'aloès, de palmiers-nains et de figuiers de Barbarie, il était aisé d'oublier qu'on était encore en Europe. Le Play visita successivement Logrosan, aux chimériques gisements de phosphate de chaux; Almaden, cette patrie classique du mercure; Cordoue, Badajoz, Albuquerque, Cacerès; Guadalcanal, fameux, il y a deux siècles, par ses mines d'argent; Le Pedroso, siège de forges fondées à portée de puissants amas de fer oxydé rouge; Rio-Tinto, dont les cuivres exploités au temps des Romains retrouvent aujourd'hui un regain de célébrité; Séville, Cadix, Gibraltar, Malaga, Grenade, d'où, rejoignant la mer à travers les cols glacés de la Sierra-Nevada, le voyageur atteignit la région métallifère des Alpujarras et visita les gîtes célèbres de Gador et de Lujar, où « un puits percé au hasard manquait rarement de rencontrer la galène à moins de 100 mètres de profondeur ». Il était temps d'arriver. La fièvre vint subitement mettre fin aux études du voyageur. Forcé de renoncer à suivre les côtes de Murcie, de Valence et de Catalogne, il rentra en France par la voie de mer. La seconde partie de l'ouvrage, qui en est la plus considérable, est spécialement consacrée aux observations faites en Estramadure et dans

le nord de l'Andalousie. Elle est accompagnée d'un essai de carte géologique de la contrée et de croquis pittoresques dessinés sur place au cours du voyage.

En 1832, avant son départ pour l'Espagne, Le Play avait donné aux *Annales* (3e série, tome II) un travail statistique, intitulé : « Observations sur le mouvement commercial des principales substances minérales entre la France et les puissances étrangères, pendant les douze dernières années, et particulièrement pendant les années 1829-1830-1831. » Les tableaux qui terminent cette notice avaient été dressés à l'aide des documents officiels émanant de l'administration des douanes; mais les quelque quarante pages qui les précèdent en formaient un des plus intéressants commentaires. Les impressions que Le Play avait rapportées de son voyage dans le Hartz étaient encore toutes présentes à son esprit, et c'est sous leur influence qu'il écrivait : « Dans le Hartz, où l'existence d'une population de 50.000 habitants est uniquement fondée sur l'exploitation des mines, l'administration, justement alarmée pour les nombreux intérêts dont elle est la protectrice, a fait d'énergiques efforts pour combattre la concurrence des plombs espagnols. M. Haussmann, de Göttingen, envoyé en Espagne avec mission spéciale d'observer l'état des choses, établit dans son rapport que les mines des Alpujarras, livrées à un gaspillage sans mesure, ne pourront longtemps soutenir leur énorme production. Encouragée par cette assurance, aidée par son admirable organisation, l'administration du Hartz a présenté, dans ces circonstances difficiles, un bien remarquable exemple des avantages de l'association dans l'industrie minérale. Des perfectionnements de tous genres ont été tentés, des réductions ont été faites dans les dépenses, et, avec un désintéressement qu'on ne saurait trop louer, le Conseil de Clausthal a voulu que les économies portassent seulement sur le su-

perflu des officiers des mines, afin que le nécessaire fût conservé aux ouvriers. » Sous l'ingénieur perçait déjà l'économiste.

Pour le fond comme pour la forme, le travail statistique de Le Play fut très remarqué, et il eut sa grande part dans le projet de loi que le ministre fit sanctionner par la Chambre, le 23 avril 1833. Aux termes de l'article 5 de cette loi, il devait être publié, à l'ouverture de chaque session, un compte rendu des travaux métallurgiques, minéralogiques et géologiques que les ingénieurs des mines auraient exécutés, dirigés ou surveillés. Le ministre des travaux publics institua immédiatement une Commission permanente de Statistique de l'Industrie minérale. Le Play fut nommé membre de cette commission par arrêté du 31 janvier 1834, et, en réalité, chargé seul du travail qu'elle devait annuellement présenter. Le premier compte rendu avait trait à l'année 1833; il fut distribué aux Chambres de 1834, Thiers étant ministre. Chaque année, les ingénieurs eurent, dès lors, à dresser (quelques-uns en les maudissant) sept tableaux de dimensions uniformes, dont les têtes de colonne avaient été libellées par Le Play, après les études les plus approfondies au point de vue de la statistique comme à celui de l'art des mines. C'est ainsi que 602 tableaux venaient, vers la fin de l'année, couvrir les tables de la mansarde donnée comme cabinet de travail au secrétaire de la Commission de Statistique, dans les bâtiments affectés aujourd'hui à l'École des ponts et chaussées. En quatre ou cinq mois, ces tableaux, soigneusement dépouillés, se résumaient en un in-4°, de format, de caractère, de disposition toujours les mêmes, et contenant, en outre, pour relever l'intérêt de cette monotone publication, d'instructives notices sur les houilles, sur les fers, sur les métaux. Adjoint à Le Play comme collaborateur, j'ai vu chaque année grandir, sous sa féconde impulsion, la publication destinée à tenir le pays au courant

des progrès de notre industrie minérale. Entre temps, il donnait à l'*Encyclopédie nouvelle* (1848) un grand article, intitulé : « Vues générales sur la statistique, suivies d'un aperçu d'une statistique générale de la France. »

L'œuvre anonyme à laquelle Le Play vouait toute son activité, et dont l'administration avait tout l'honneur officiel, fut religieusement maintenue, de 1834 à 1848, dans la voie où il l'avait dirigée. La République de 1848 avait à faire des économies dans ses budgets : la loi de 1833 fut rapportée par une loi de 1848, et le Compte rendu condamné à ne paraître que tous les cinq ans, et plus tard tous les trois ans. Appelé le 20 juillet 1848 aux fonctions d'inspecteur des études à l'École des mines, Le Play quitta la Commission de Statistique. Le volume qui suivit son départ parut en 1853; il comprenait les années 1847 à 1852, et perdait l'uniformité de composition si précieuse pour les recherches dans ce genre de publications périodiques.

Le repos n'était pas fait pour Le Play. Après avoir donné les mauvais mois de l'année à la publication du Compte rendu, il demandait et obtenait sans peine des missions à l'étranger. La Belgique, l'Angleterre, l'Écosse, l'Irlande furent tour à tour parcourues en 1835 et 1836; chaque mission donna lieu à un important travail concernant la production de la houille et du fer dans ces régions privilégiées. En 1837, il saisit avec empressement l'occasion d'étendre ses études aux confins orientaux de l'Europe. Un des plus riches propriétaires de la Russie, M. Anatole Demidoff, désireux de jeter sur son nom un éclat autre que celui de l'or, avait conçu le projet de faire à ses frais une reconnaissance scientifique des terrains carbonifères du Donetz, sur la rive droite du Don, entre la mer Caspienne et la mer d'Azof. Chargé d'organiser l'expédition, Le Play s'adjoignit un personnel comprenant un ingénieur des ponts et chaussées, un géologue, un naturaliste, un dessinateur, qui l'ac-

compagnèrent par terre jusqu'au lieu de destination, et il expédia par mer un attirail complet d'outils de mine et d'engins de sondage avec quelques maîtres-ouvriers destinés à former et à diriger les manœuvres pris dans le pays. Après avoir traversé l'Autriche et les Provinces danubiennes, l'expédition s'engageait avec admiration, en juin 1837, dans les steppes de la mer Noire, « où les herbes, écrit Le Play, s'élevaient parfois assez haut pour engloutir les chevaux ». Chacun se mit à l'œuvre suivant sa spécialité, et, de retour en France, fournit son contingent, texte et dessins, à la publication de luxe qui compléta, en 1842, la libérale entreprise de M. Demidoff. La description des terrains carbonifères fut la part de Le Play dans cette œuvre commune. Mais, dès 1838, il avait adressé au ministre du commerce d'intéressantes lettres sur l'organisation économique et commerciale de la Russie méridionale. Ces lettres doivent se trouver dans les archives du ministère.

La campagne scientifique du Donetz eut pour Le Play des conséquences tout à fait inattendues. M. Demidoff possédait dans l'Oural de riches mines d'or, de platine, d'argent, de cuivre et de fer. Ces mines, livrées à d'inhabiles directeurs, étaient exploitées suivant de routinières méthodes, aussi dispendieuses que peu productives. M. Demidoff, qui avait été à même d'apprécier la puissance organisatrice de son collaborateur, soumit ces méthodes à son examen. Un premier voyage dans l'Oural, fait en 1844, démontra sans peine à Le Play toute leur imperfection, et, après avoir étudié, soit sur place, soit à Paris, les améliorations dont elles étaient susceptibles, il conclut avec M. Demidoff une association dans laquelle l'un apportait ses domaines et ses capitaux, l'autre sa science et son talent. L'extraction des minerais, leur préparation mécanique, leur traitement métallurgique, tout fut renouvelé et approprié aux enseignements de la théorie et de la pratique les plus rationnelles.

De son cabinet, Le Play gouvernait jusqu'à 45.000 ouvriers travaillant dans l'Oural sous son invisible direction. Un second voyage, fait en 1853, lui permit de vérifier par ses propres yeux les résultats de la nouvelle organisation. Ces résultats se traduisaient par une plus-value considérable sur le rendement des mines.

J'ai dit plus haut comment Le Play employait en voyages les loisirs que lui laissait, entre les sessions des Chambres, la Statistique de l'Industrie minérale. L'Angleterre fut visitée en 1842 ; l'Allemagne du Nord et la Russie en 1844; le Hartz, le Danemark, la Suède et la Norvège en 1845; la Belgique, l'Autriche, la Hongrie et l'Italie du Nord en 1846; la Suisse, les Provinces danubiennes et la Turquie centrale en 1848; l'Auvergne en 1850; l'Angleterre, les Provinces rhénanes, la Westphalie, l'Erzgebirge en 1851 ; l'Autriche et la Russie en 1853. Dans ses nombreux voyages, Le Play se proposait un double but. Il dirigeait ses observations et recueillait ses notes au point de vue technique et au point de vue social, comme ingénieur et comme économiste. D'une part, en effet, il se mettait de longue main en état de remplacer Guényveau dans la chaire de métallurgie, qui devait vaquer en 1840. D'autre part, il préparait, comme emploi de ses dernières années, une prédication écrite des doctrines propres à enrayer la décadence des populations européennes en général et de la nation française en particulier. Nous aurons plus tard à le suivre sur ce dernier terrain. Je n'ai, pour le moment, à m'occuper que du professeur. Les ingénieurs de ma génération sourient encore au souvenir du cours de métallurgie qui leur était enseigné à l'École, toujours le même depuis plusieurs années. Il était donné à Le Play de le rajeunir dès son début, et, plus tard, de le tenir au courant des progrès faits par la science, tant en France qu'à l'étranger. J'ai sous les yeux, au moment où je trace ces lignes, les trois volumi-

neux cartons où ont pris place une centaine de leçons rédigées suivant le plan le plus méthodique, illustrées de croquis dessinés et cotés de la main du maître. Je puis suivre dans chacune les modifications subies d'année en année par la rédaction, à la suite d'observations ou de théories nouvelles, et, arrivé au dernier cahier, j'éprouve un véritable sentiment de tristesse à la pensée que ces feuilles, fruit de tant de labeur, fruit de tant de fatigues, vont, après cette suprême revue, s'ensevelir dans des archives de famille sous la poussière de l'oubli. Nos *Annales* auront, du moins, conservé quelques pages de ce vaste et beau manuscrit.

Le tome VII de la 3e série (1835) contient une notice sur la préparation de l'acide sulfurique fumant dans le nord de l'Allemagne.

Dans le tome X (1836), on trouve la description de l'affinage des plombs argentifères par cristallisation, suivant la méthode due à l'ingénieur anglais Pattinson, méthode qui ne remplace point complètement la coupellation, mais qui permet de restreindre dans une proportion considérable la quantité de plomb soumise à cette dispendieuse opération.

Le tome XV (1839) fait connaître une ingénieuse disposition employée avec succès par M. Oeynhausen, conseiller supérieur des mines de l'arrondissement de Bonn, dans un sondage que le gouvernement prussien exécutait à Neusalzwerk, près de Minden, pour la recherche de sources salées.

Un travail fort remarqué parut dans le tome XIX (1841) sur le mode d'action du carbone dans la cémentation et sur les réactions caractérisant les fourneaux à courant d'air forcé. Le Play avait déjà saisi de ce sujet l'Académie des sciences, dans sa séance du 18 janvier 1836. Le mémoire donné aux *Annales* eut pour but de compléter les considérations soumises à l'Académie. La condition fondamen-

tale de toute réaction chimique est un contact intime entre les deux agents destinés à la produire. Il faut donc pour le succès de l'opération qu'un de ces agents au moins soit amené à l'état liquide ou gazeux. Quand cette condition est remplie et que la réaction commence à la surface de chaque fragment solide, celle-ci se propage rapidement dans l'intérieur du fragment en vertu de la faculté d'infiltration propre aux fluides. Cette conclusion, qu'on peut tirer *à priori* de la constitution moléculaire des corps, se trouve établie plus fermement encore par l'observation de tous les faits chimiques. Le carbone mis en présence de corps oxydés semble faire exception à la règle : son pouvoir réducteur s'exerce jusqu'au cœur même des fragments d'oxyde. Cette anomalie avait depuis longtemps attiré l'attention des chimistes et des physiciens, qui, ne sachant l'expliquer, caractérisaient ce mode de réduction par le mot spécial de *cémentation*. La théorie proposée par Le Play donne l'explication la plus naturelle du phénomène. L'on reconnaît par l'expérience qu'en cémentant les oxydes métalliques à l'aide du carbone solide, on les plonge en réalité dans une atmosphère où domine le gaz oxyde de carbone. Si donc ce gaz a la propriété de réduire tous les corps oxydés réputés réductibles par le carbone, l'action du carbone solide rentre dans les lois ordinaires de la chimie. Le carbone solide n'est plus qu'une matière première servant à préparer le gaz réducteur; la réduction de l'oxyde métallique par l'oxyde de carbone produit de l'acide carbonique, et ce dernier, en régénérant au contact de la brasque son équivalent d'oxyde de carbone, contribue indéfiniment au progrès de la réaction. Ainsi exposée, la théorie donnée par Le Play semble des plus simples; le problème de l'œuf attribué à Christophe Colomb ne parut-il pas aussi des plus faciles, lorsqu'il en eut fait voir la solution? La théorie des fourneaux à courant d'air forcé n'était pas moins obscure que celle de la cémentation des oxydes.

Les métallurgistes admettaient comme point de départ que les minerais oxydés se réduisaient dans ces fourneaux par cémentation sous l'influence du carbone solide. Après une étude approfondie des fourneaux à tuyères, Le Play a démontré, théoriquement et pratiquement, le rôle qu'y joue l'oxyde de carbone, bien que la réduction des oxydes y soit due à des réactions essentiellement différentes de celles qui constituent la réduction par cémentation en vase clos. En effet, les enceintes de cémentation sont, entre autres circonstances, caractérisées par les conditions suivantes : 1° l'oxygène nécessaire à la génération de l'oxyde de carbone est fourni par l'oxyde à réduire ; 2° la chaleur nécessaire à la réduction est produite en dehors de l'enceinte de réduction et indépendamment de la réaction chimique qui engendre l'oxyde de carbone. Dans les fourneaux à tuyères : 1° l'oxygène nécessaire à la production de l'oxyde de carbone est fourni par l'air atmosphérique ; 2° la chaleur se développe dans l'enceinte même où a lieu la réaction, et ce développement de chaleur est intimement lié à la production de l'oxyde de carbone. Entre les deux classes d'appareils, il n'existe qu'une seule analogie : c'est l'identité de l'agent gazeux qui produit la réduction des corps oxydés. Je n'insisterai point davantage, renvoyant au mémoire de Le Play le lecteur curieux de suivre, dans tous ses détails, l'étude de phénomènes que l'auteur a éclairés d'une lumière toute nouvelle et dont il a donné la théorie, actuellement professée dans tous les cours et dans tous les traités de métallurgie.

Le tome III de la 4e série (1843) renferme un mémoire sur la fabrication de l'acier dans le Yorkshire, avec considérations ayant trait à l'état actuel et à l'avenir probable de la fabrication de l'acier sur le continent européen et particulièrement en France. Comme suite à cette publication, Le Play a donné, trois ans après, dans le tome IX, un nouveau mémoire, concernant la fabrication et le commerce des

fers à acier dans le nord de l'Europe, et traitant des questions soulevées depuis un siècle et demi par l'emploi de ces fers dans les aciéries françaises.

En 1848, Le Play réunit dans un même volume les articles qu'il venait de donner aux *Annales* (5ᵉ série, tome XIII), sous le titre : « Description des procédés métallurgiques employés dans le pays de Galles pour la fabrication du cuivre, et recherches sur l'état actuel et sur l'avenir probable de la production et du commerce de ce métal. » L'auteur indique au § 1ᵉʳ les conditions économiques dans lesquelles se trouvent placées les fonderies galloises. Il signale dans le § 2 les caractères distinctifs du traitement propre à ces fonderies et la classification établie par les fondeurs dans les nombreuses sortes de minerais apportés de tous les points du globe. Les § 3 à 12 ont spécialement pour objet la pratique et la théorie des dix manipulations principales de la méthode galloise. Il développe dans le § 13 les moyens de donner à la description des phénomènes métallurgiques la précision, qui est la condition essentielle du progrès dans toutes les sciences, et qui a jusqu'à ce jour manqué à la métallurgie. Comme application de ces principes, il groupe les diverses réactions du traitement gallois dans une série de tableaux, où l'on trouve la proportion relative et la composition élémentaire de toutes les matières intervenant dans chacune des dix opérations et de tous les produits fournis par ces dernières. Dans le § 14, il indique avec détail les frais de toute nature auxquels donne lieu le traitement d'une tonne de minerai, seul critérium de la valeur scientifique et industrielle d'un procédé métallurgique. Dans le § 15, il résume les observations qu'il a recueillies, dans une période de quinze années, sur la production, le commerce et la consommation du cuivre, apprécie l'influence exercée depuis un siècle et spécialement depuis vingt ans par les fonderies de la Grande-Bretagne, expose les conséquences résultant, pour les consommateurs euro-

péens, du régime restrictif récemment établi dans ce pays, et, jetant un coup d'œil sur l'avenir, insiste sur les motifs qui doivent pousser l'industrie française à extraire elle-même une partie du cuivre qui lui est nécessaire des minerais étrangers traités jusqu'alors exclusivement dans la Grande-Bretagne. Enfin, dans un intéressant appendice, il décrit des méthodes nouvelles de dosage rapide qui, de 1842 à 1848, lui ont permis, sans interrompre ses autres travaux, de faire plus de sept cents essais sur les scories et les produits cuivreux des principales usines de l'Europe.

Le volume consacré par Le Play aux usines à cuivre du pays de Galles était, dans sa pensée, le spécimen d'un traité complet de métallurgie, pour lequel il avait rassemblé d'immenses matériaux et qui devait avoir pour titre : *l'Art métallique au XIX<sup>e</sup> siècle*, en imitation du *De arte metallicâ* d'Agricola. Cette entreprise n'a pas abouti. L'auteur suivit, hors du corps des mines, d'autres destinées. Mais, eût-il persévéré dans sa première carrière, je doute qu'il eût pu réaliser un projet formé sur un aussi vaste plan. Indépendamment des frais considérables qu'aurait entraînés l'impression du texte et la gravure des planches, une vie humaine n'aurait point suffi pour mener à terme une publication, où la description d'une seule méthode remplissait un volume de cinq cents pages.

Le dernier mémoire que Le Play ait donné aux *Annales* se trouve dans le tome III de la 5<sup>e</sup> série (1853). Il traite d'une méthode nouvelle employée pour la fabrication du fer dans les forêts de la Carinthie, et des principes que doivent suivre les propriétaires de forêts et d'usines au bois pour soutenir la lutte engagée, dans l'occident de l'Europe, entre le bois et le charbon de terre.

Nous voici parvenus à l'ère de ces grands tournois auxquels l'Angleterre et la France convoquèrent tour à tour, à Londres et à Paris, les industriels, les commerçants, les ar-

tistes de la terre entière. L'Angleterre donna le signal et inaugura, en 1851, dans son féerique Cristal-Palace la première Exposition universelle. Le Play y fut membre du 21e jury, et remit à la commission française un rapport sur la coutellerie et les outils d'acier, qui a été imprimé à part en 1854 à l'Imprimerie impériale, et qui forme à lui seul comme un traité sur cette intéressante matière.

La France eut à son tour son Exposition, qui, décrétée le 8 mars 1853, devait s'ouvrir le 1er mai 1855. La Commission impériale chargée de la diriger avait été placée sous la présidence du prince Napoléon. Le Play, l'un des commissaires, eut tout d'abord à préparer un système de classification des produits. Dans cette aride mission, il déploya des qualités spéciales, qui devinrent des plus précieuses en présence des mille difficultés de détail que soulevait l'entreprise. Le 11 août 1854, le Comité d'exécution, trop lent dans ses allures, fut remplacé par un commissaire général, le général Morin, qui lui-même céda ses fonctions à Le Play, le 23 mai 1855. L'on sait que l'Exposition de 1855 s'ouvrit officiellement le 15 mai, aux Champs-Élysées, dans le Palais de l'Industrie, auquel fut annexée une longue galerie provisoire s'étendant sur le quai de Billy, depuis la place de la Concorde jusqu'au pont de l'Alma. Ce qu'on connaît moins, ce sont les obstacles que Le Play, tardivement chargé du commissariat général, rencontra dans l'accomplissement de son mandat. Insuffisance des bâtiments, lenteur des décisions, retard des constructions, inexactitude des envois, rivalité des emplacements, tout conjurait contre ses efforts. Le succès n'en fut pas moins assuré. Le nombre des visiteurs dépassa 5.000.000, et l'Exposition, qui devait fermer le 31 octobre, fut, à la demande du public, prolongée au 15 novembre. La liste des récompenses fut insérée au *Moniteur officiel* le 8 décembre, et, quelques jours après, Le Play était nommé conseiller d'État. Il dut, en conséquence, abandonner ses fonctions d'inspecteur des

études à l'École des mines et descendre de sa chaire de métallurgie, renonçant ainsi, non sans regrets, aux études qui avaient si bien rempli vingt-six années de sa vie.

Le Play apporta au conseil d'État ses habitudes de travail et prit une part active à la solution d'une question qui passionna en son temps l'opinion parisienne, celle de la boulangerie. La question de la boulangerie n'en est plus une aujourd'hui. Avec la promptitude des communications par mer et la multiplicité des chemins de fer sillonnant l'Amérique et l'Europe, les populations ne sauraient plus craindre la disette. Il n'en allait point tout à fait de même, il y a une vingtaine d'années. A cette époque, le nombre des boulangeries était limité, et le pain taxé officiellement suivant le cours des céréales. Fallait-il maintenir une industrie, qui intéresse à un si haut degré le repos public, sous la tutelle de l'administration, en réglant son monopole? Convenait-il de lui donner la liberté, en lui laissant pour seul frein la concurrence? La question divisait les meilleurs esprits. Après une enquête restée célèbre, qu'il étendit jusqu'au commerce des grains, Le Play conclut en faveur de la liberté. Son avis fut adopté par le gouvernement.

La troisième Exposition universelle eut lieu à Londres en 1862. Le Play y dirigea la section française en qualité de commissaire général.

En 1867, l'honneur de la quatrième Exposition revint à la France. Elle fut, comme celle de 1855, confiée à une Commission impériale, placée sous la présidence du prince Napoléon, qui donna peu après sa démission, et Le Play, commissaire général, fut en réalité l'organisateur tout puissant de cette grande œuvre. Par une combinaison aussi hardie que nouvelle, l'État, la Ville de Paris et le public furent associés au succès financier de l'entreprise. L'État devait fournir 6 millions, la Ville 6 millions, et le public 8 millions. Ces 8 millions ne constituaient qu'un fond de

garantie. Les souscripteurs n'étaient tenus à versement qu'en cas d'excès des dépenses sur les recettes. Dans le cas d'excès des recettes sur les dépenses, le bénéfice devait être partagé par tiers entre l'État, la Ville et l'association de garantie. Le capital de 8 millions fut divisé en 8.000 actions de 1.000 francs, dont la souscription n'était accompagnée que d'un dépôt provisoire de 20 francs par action. Les demandes affluèrent et constituèrent, le 20 juillet 1865, date de la clôture des listes, un capital de 10.347.000 francs. La plupart des souscripteurs, uniquement soucieux de l'honneur du pays, étaient résolus à y coopérer au besoin par des sacrifices. Ces sacrifices leur furent épargnés. Les promesses faites dans l'appel au public furent non seulement tenues, mais dépassées. La balance des opérations financières, depuis l'origine jusqu'au 4 février 1872, date de la clôture des comptes, donna :

| | francs |
|---|---|
| Pour les recettes, en nombre rond . . . . . . | 26.257.000 |
| Pour les dépenses, en nombre rond. . . . . . | 23.491.000 |
| Ce qui constituait un bénéfice de. . . . . . . | 2.766.000 |
| Dont le tiers était de . . . . . . . . . . . . . | 922.000 |

Le dépôt de 20 francs par action avait été antérieurement restitué avec intérêt annuel de 5 p. 100. Chaque actionnaire reçut donc près de 90 francs par action, en échange de sa confiance en l'œuvre et, l'on peut presque dire, de son patriotique désintéressement. Ce résultat constituait un heureux précédent dont le public ne devait point perdre le souvenir et qui aurait pu faciliter la tâche aux organisateurs des expositions futures. Les errements de 1867 ne furent point suivis en 1878, et de larges emprunts au budget ont payé l'éclat de la dernière Exposition.

Le choix de l'emplacement donna lieu à de longues controverses. Les projets qui occupèrent le plus l'attention publique avaient pour objet : l'un de mettre à profit le palais de l'exposition permanente d'Auteuil; l'autre d'em-

ployer, en l'étendant par des annexes, le palais des Champs-Élysées. Le Champ de Mars remplissait mieux les conditions du programme qu'on s'était imposé. Sa surface était de 45 hectares; on y accédait par de larges voies; la proximité de la Seine lui assurait le bienfait des communications par eau, et il était facile de le relier par un embranchement avec les chemins de fer du continent. Le Play exigea et obtint l'emplacement qui pouvait seul assurer le succès de l'Exposition. La berge de la Seine fut affectée au matériel de l'art nautique et l'île de Billancourt aux animaux, aux produits du travail agricole et aux méthodes de production.

Il fallait encore arrêter le plan du palais. Instruit par l'expérience de 1855, Le Play fit prévaloir un projet longuement étudié, qui avait pour point de départ une double classification des produits, par nature d'objets et par nationalité. La surface de l'espace à couvrir fut portée à 150.000 mètres carrés. La forme adoptée pour le palais fut celle de deux demi-cercles de 190 mètres de rayon, reliés par un rectangle de 380 mètres sur 110 mètres. Intérieurement, deux systèmes de division répondirent à la double classification des produits. Le premier était formé de zones concentriques recevant les groupes des produits similaires de tous les pays; le second, de secteurs rayonnant du centre du palais et consacrés chacun à une même nation. Par cette disposition, les voies de circulation concentriques facilitaient l'étude comparative d'une même industrie dans le monde entier; les voies rayonnantes permettaient de passer en revue toutes les industries d'un même pays. La division en zones et en secteurs fut étendue au parc qui environnait le palais, dans la mesure toutefois que permettaient les convenances de la décoration.

L'Exposition, ouverte le 1er mai, fut close le 3 novembre. Le nombre d'entrées par les tourniquets avait été de 12 millions. Ce chiffre dispense de tout commentaire. Le

commissaire général, à qui revenait pour une si grande part le succès de la quatrième Exposition universelle, fut nommé sénateur. Le 12 août 1868, il reçut le titre d'inspecteur général des mines honoraire (*).

Nous avons suivi Le Play dans sa carrière d'ingénieur des mines, de conseiller d'État, de sénateur. Il nous faut maintenant revenir de quelques années sur nos pas pour considérer en lui l'économiste. Nous l'avons vu, dès sa mission d'élève mineur, défendant contre Jean Reynaud la prééminence de la méthode d'observation sur les théories préconçues pour résoudre les grands problèmes de la science sociale. Nous l'avons vu plus tard, dans ses nombreux voyages à travers l'Europe et jusqu'aux versants asiatiques de l'Oural, faire dans ses carnets deux parts, l'une consacrée aux comptes rendus de la statistique minérale et aux leçons de son cours de métallurgie; l'autre destinée à un grand ouvrage où il se proposait d'établir *par les faits* les conditions dans lesquelles une nation prospère et grandit, ou souffre et déchoit. Les matériaux qu'il avait accumulés et revisés sans cesse, pendant dix-huit années d'observations, furent publiés pour la première fois, en 1855, dans les *Ouvriers européens*, format grand in-folio, avec le concours des presses de l'Imprimerie impériale. Le 28 janvier 1856, l'Académie des sciences décernait à l'ouvrage le prix de statistique fondé par Monthyon, et, le 11 avril suivant, la Société d'Économie sociale se formait pour appliquer à ses études la méthode inaugurée dans les *Ouvriers européens*.

(*) Entré en novembre 1827 à l'École des mines, Le Play avait été nommé :

| | |
|---|---|
| Aspirant ingénieur. . . . . . . . . . . . . . | le 1er sept. 1830 |
| Ingénieur de 2e classe. . . . . . . . . . . . | le 25 oct. 1831 |
| Ingénieur de 1re classe . . . . . . . . . . . | le 28 déc. 1836 |
| Ingénieur en chef de 2e classe . . . . . . . | le 29 juillet 1840 |
| Ingénieur en chef de 1re classe. . . . . . . | le 1er juin 1848 |

Cette société compte aujourd'hui près de trois cents membres.

La première édition des *Ouvriers européens* fut rapidement épuisée. Le Play en publia une seconde dans le format in-8° et en six volumes, qui parurent successivement de 1877 à 1879. La méthode employée dans l'ouvrage ne fut point inventée de toutes pièces. Elle s'est imposée peu à peu à Le Play, à mesure qu'il acquérait par l'observation la connaissance des faits, matériels et moraux, présidant à l'organisation des sociétés. Ces faits sont répartis dans trois cents monographies, parmi lesquelles l'auteur en a choisi cinquante-sept, qui lui ont paru représenter le mieux diverses contrées de l'Europe et dont la liste me semble de nature à intéresser le lecteur :

L'Orient. — Bachkirs. — Paysans et charrons (à corvées). — Forgeron et charbonnier des usines à fer de l'Oural. — Charbonnier et marchand de grains des laveries d'or de l'Oural. — Paysans et portefaix émigrants (à l'abrok). — Forgeron bulgare de Samakowa. — Iobajjy ou paysans hongrois (à corvées). — Paysans (en communauté) de Bousrah. — Menuisier-charpentier de Tanger.

Le Nord. — Forgeron de Dannemora. — Fondeur du Buskerud. — Mineur du Hartz. — Armurier de Solingen. — Pêcheur-côtier de Marken. — Coutelier de Londres. — Coutelier de Sheffield. — Menuisier de Sheffield. — Fondeur à la houille du Derbyshire.

L'Occident (populations stables). — Fondeurs slovaques de Schemnitz. — Fondeur du Hundsrück. — Métayer de la Toscane. — Ferblantier-couvreur d'Aix-les-Bains. — Métayer de la Vieille-Castille. — Pêcheur-côtier de Saint-Sébastien. — Bordier de la Basse-Bretagne. — Paysan savonnier de la Basse-Provence. — Paysan du Lavedan. — Charbonnier de la Carinthie. — Luthier de la Saxe. — Brassier de l'Armagnac.

L'Occident (populations ébranlées). — Compagnon me-

nuisier de Vienne. — Tisserand du Godesberg. — Compositeur-typographe de Bruxelles. — Mineur de Pontgibaud. — Paysan basque du Labour. — Manœuvre-agriculteur du Morvan. — Bordier-agriculteur de la Champagne pouilleuse. — Maître-blanchisseur de la banlieue de Paris. — Charpentier (du Devoir) de Paris. — Luthier du Werdenfels. — Mineur émigrant de la Galice (résidence d'été). — Mineur émigrant de la Galice (résidence d'hiver). — Fondeur au bois du Nivernais. — Maréchal-ferrant du Maine.

L'Occident (populations désorganisées). — Mineur de la Carniole. — Horloger de Genève (jeune ménage). — Bordier émigrant du Laonnais. — Bordier-vigneron de l'Aunis. — Tisserand de Mamers. — Chiffonnier de Paris. — Manœuvre, à famille nombreuse, de Paris. — Tailleur d'habits de Paris. — Débardeur de Port-Marly. — Horloger de Genève (vieux ménage). — Manœuvre-agriculteur du Maine. — Tisserand des Vosges. — Lingère de Lille. — Auvergnat brocanteur de Paris.

La description d'une famille ouvrière convenablement choisie fait connaître la plupart des autres familles, et, comme l'auteur indique dans un cadre inflexible, toujours à la même place, les recettes et les dépenses auxquelles aboutissent en définitive tous les actes de la famille, cette règle uniforme dans l'établissement du « budget » rend comparables les observations spéciales aux diverses monographies.

De 1864 à 1878, Le Play a donné six éditions de la *Réforme sociale en France, déduite de l'observation des peuples européens.* Depuis 1789, dix formes de souveraineté ont régi la France. Chacune d'elles a été instituée, puis renversée par la violence. Bien des hommes d'État, bien des écrivains ont cherché le remède à cette instabilité sans exemple. Quoique étranger aux lettres et à la politique, Le Play a voulu découvrir le secret d'un gouvernement qui

n'aurait point l'effusion du sang pour début ou pour terme. Après avoir établi que les fausses théories de l'histoire font généralement prendre le change sur les conditions de la *Réforme*, l'auteur démontre que l'observation des faits sociaux constitue la seule méthode propre à donner la solution de ce grand problème. Dans les quatre volumes qui composent aujourd'hui son ouvrage, il traite successivement de la religion, de la propriété, de la famille, du travail, de l'association, des rapports privés, du gouvernement. C'est là que pour la première fois il a revendiqué en faveur de la France la liberté testamentaire qui existe en Angleterre et en Amérique. Dans la session de 1865, une proposition tendant à accroître l'autorité du père de famille fut présentée au Corps législatif par le baron de Veauce et cinquante-et-un de ses collègues. Leurs efforts échouèrent devant l'opinion issue des dogmes de 1789.

L'*Organisation du travail* (1870-1871), l'*Organisation de la famille* (1870-1875) dérivent de la *Réforme sociale* et forment comme des parties détachées et agrandies de ce vaste cadre ; la *Constitution essentielle de l'humanité* (1880) en est, au contraire, comme une réduction à très petite échelle.

Dans la *Constitution de l'Angleterre* (1875), Le Play a résumé les documents que lui avaient fournis ses nombreux voyages dans la Grande-Bretagne, et surtout ceux qu'il avait recueillis pendant son long séjour à Londres, lors de l'Exposition de 1862 ; car, suivant le mot heureux d'un de ses plus affectionnés disciples, tout était pour Le Play motif ou moyen.

Je passe sous silence une foule de lettres ou de notices qui ont paru sous forme de brochures. La spécialité du recueil pour lequel j'écris m'interdit de trop longs développements sur des sujets étrangers à l'art de l'ingénieur des mines.

Les amis de Le Play l'avaient longtemps pressé de fon-

der une revue périodique, destinée à répandre sa doctrine. Le livre et la parole n'ont qu'une portée restreinte; le journal, s'il réussit, pénètre partout et impose sa propagande. Il céda à leur désir, et l'année 1881 a vu naître, sous son patronage, LA RÉFORME SOCIALE, revue paraissant tous les quinze jours, publiée, sous la direction de M. Edmond Demolins, avec le concours de la Société d'Économie sociale, de la Société bibliographique et des Unions de la paix sociale. Les abonnés n'ont point manqué à la nouvelle venue. Elle en est à son quatrième volume, étendant progressivement le cercle des matières qu'elle embrasse et la liste des écrivains qui y collaborent. Dans le numéro du 15 février 1882, Le Play écrivait, et ces lignes sont presque les dernières que sa main ait tracées : « Au terme d'une journée de marche, le voyageur aime à se recueillir dans le calme du soir; il jette un regard sur le chemin parcouru, avant que les ombres de la nuit ne descendent cacher la terre pour ne laisser voir que le ciel aux mystérieuses clartés. Par une faveur de la Providence, après une carrière qui n'a pas été sans labeur, je jouis de ce repos. J'ai vu grandir peu à peu l'École de la paix sociale, et, me reportant par la pensée vers l'état des esprits au début de mes travaux, je me plais à croire qu'elle n'a pas été sans quelque utilité. J'ai confiance dans son avenir. Sans doute, il ne faudra pas épargner notre peine, et la route paraîtra longue encore, même à ceux qui viendront après moi. Mais, avec l'aide de Dieu, ils accompliront la tâche commencée, parce qu'ils garderont toujours pour règle de servir la cause de la vérité pour assurer le règne de la paix. »

Le 4 septembre 1870, le sénat impérial périssait avec l'Empire emporté par le désastre de Sedan, et Le Play fut rendu à la vie privée. Il habitait à cette époque le premier étage d'une ancienne et belle maison située sur la place Saint-Sulpice, qui avait appartenu à Thénard et que pos-

sède encore la famille du célèbre chimiste. C'est là que, dans l'embrasure de la fenêtre éclairant son vaste cabinet, debout devant un bureau-pupitre, il rédigeait ou réimprimait ses traités d'économie sociale et subvenait à la plus active des correspondances, heureux de toute nouvelle adhésion à ses doctrines, venue de Paris, de la province ou de l'étranger. En octobre 1880 se déclara la première crise de l'affection du cœur qui devait l'emporter. Il s'en releva promptement, mais il dut se condamner dès lors à la plus rigoureuse retraite. Après le travail du jour, son salon recevait, toujours ouvert, les amis de la maison ou les étrangers de passage. La lecture à haute voix, une partie de whist, la préparation de la Revue, et surtout une causerie sérieuse ou gaie, suivant les visiteurs, remplissaient tour à tour ces réunions du soir, auxquelles présidait avec une grâce incomparable la dévouée compagne qui, depuis quarante années, donnait à Le Play le bonheur intime du foyer. A neuf heures apparaissait le samovar, souvenir des voyages de Russie. La sonnerie de dix heures donnait le signal de la retraite. Tel était l'invariable train de vie qu'interrompirent seules quelques crises, toujours très courtes, de la maladie. La soirée du 4 avril dernier s'était écoulée pareille à toutes les autres. Le lendemain, vers midi, Le Play perdit subitement connaissance, et finit sans un cri, sans une souffrance. Il laisse un fils, qu'il avait été heureux d'unir à la fille d'un ancien camarade, Michel Chevalier, et dont il a pu voir grandir la jeune postérité.

Pierre-Guillaume-Frédéric Le Play a voulu dormir son suprême sommeil au milieu des champs qu'il a tant aimés. Agronome à temps perdu, il avait acquis, près de Limoges, le domaine de Ligoure, sur la commune du Vigen. C'est dans l'humble cimetière de cet obscur village du Limousin que repose aujourd'hui celui qui fut : Inspecteur général des mines, Conseiller d'État, Sénateur de l'Empire, Commis-

saire général des Expositions universelles de 1855, 1862 et 1867, Fondateur de la Société d'Économie sociale, Grand-Officier de la Légion d'honneur, Grand-Croix des ordres de Saint-Stanislas de Russie, de François-Joseph d'Autriche, de l'Aigle Rouge de Prusse, des S. S. Maurice et Lazare d'Italie, de Gustave Wasa de Suède, de la Conception de Portugal, du Mérite de Hesse, de Frédéric de Wurtemberg, du Nichan Iftikhar de Tunis, de la Rose du Brésil, du Medjidié de Turquie, de Saint-Michel de Bavière, Grand-Officier des ordres de Léopold de Belgique, de Guadalupe du Mexique, du Lion de Bade, et de Henri de Brunswick, Commandeur des ordres du Danebrog de Danemark, d'Albert de Saxe, de Saint-Grégoire-le-Grand, etc. etc.

Paris, juin 1882.

# BULLETIN DES TRAVAUX DE CHIMIE

EXÉCUTÉS EN 1880

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES

DANS LES LABORATOIRES DÉPARTEMENTAUX

## I.— LABORATOIRE D'ANGERS.

Travaux de M. PETITDIDIER, ingénieur des mines (EXTRAIT).

1° *Anthracite.*— Deux échantillons, provenant des mines de Saint-Lambert-du-Lattay, puits du Coteau (Maine-et-Loire). Ce charbon, dur et d'aspect schisteux, est employé par les chaufourniers de la région.

| | | |
|---|---|---|
| Matières volatiles | 8,4 | 7,4 |
| Carbone fixe | 75,1 | 69,8 |
| Cendres | 16,5 | 22,8 |
| | 100,0 | 100,0 |
| Plomb réduit par gramme | 25,6 | 24,1 |
| Cendres | blanches | grisâtres. |
| Coke | pulvérulent. | |

2° *Zinc.*— Trois échantillons de zinc en lames, destiné à recouvrir des caisses à poudre et envoyé par M. le Commandant de l'artillerie, à Angers.

| | *a* | *b* | *c* |
|---|---|---|---|
| Zinc | 98,70 | 98,90 | 99,30 |
| Plomb | 1,01 | 0,90 | 1,04 |
| Fer | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| Arsenic | de 0,0005 à 0,001 | | |
| Soufre | Traces légères. | | |
| Cadmium | Traces. | | |
| | 99,75 | 99,83 | 100,37 |

3° *Engrais.* — Poudre blanc-jaunâtre, désignée sous le nom d'engrais et envoyée par la Préfecture, sans indication de provenance ; ce n'est, en réalité, qu'un calcaire contenant un peu de nitre et de phosphate de chaux.

| | |
|---|---|
| Carbonates de chaux et de magnésie | 82,9 |
| Sable, silice et argile | 10,8 |
| Alumine et oxyde de fer | 2,6 |
| Phosphate de chaux | 0,6 |
| Azotate de potasse | 1,2 |
| Eau | 1,1 |
| | 99,2 |

4° *Pièces de carrelage.* — Envoyées par le service de l'octroi d'Angers ; sorte de grès cérame, à gros grain et très dur.

| | | |
|---|---|---|
| Silice | 70,7 | 70,9 |
| Alumine et oxyde de fer | 20,7 | 22,4 |
| Chaux | 5,2 | 1,8 |
| Magnésie | 1,7 | 2,5 |
| Alcalis et oxydes colorants non dosés | 1,7 | 2,4 |

## II. — LABORATOIRE DE CAEN.

Travaux de M. LECORNU, ingénieur des mines (EXTRAIT).

Le nombre des analyses exécutées en 1880 au laboratoire de Caen s'est élevé à 41, tandis qu'en 1879 le nombre des analyses était de 11 seulement. La cause principale de cette amélioration est la publicité donnée au fonctionnement du laboratoire par un avis inséré, au commencement de l'année, dans le *Bulletin des actes administratifs*.

Les 41 analyses de 1880 se décomposent ainsi :

| | |
|---|---|
| Engrais . . . . . . . . . . . . . | 23 |
| Terres végétales . . . . . . . . . | 9 |
| Chaux hydrauliques . . . . . . . | 2 |
| Divers . . . . . . . . . . . . . . | 7 |
| | 41 |

On a dosé, en général, dans les engrais : l'humidité, — l'acide phosphorique soluble et insoluble, — l'azote et, dans certains cas, la potasse. Pour le dosage de l'acide phosphorique, on s'est servi du procédé volumétrique de Joulie (acétate d'urane et cyanoferrure de potassium). Pour l'azote, on a employé, le plus souvent, le procédé Will et Warentrap. Pour la potasse, on a eu recours, avec succès, au procédé Corenwinder (réduction du chloroplatinate par le formiate de soude).

Les terres végétales provenaient :

4 de Frungy (arrondissement de Bayeux) ;

5 de communes diverses de l'arrondissement de Pont-l'Évêque. On a dosé, sur chaque échantillon : — l'humidité, — l'argile, — les cailloux, — la matière organique, — les sels solubles. On a trouvé dans les terres de Frungy, 61 à 94 p. 100 et dans les autres, 86 à 97 p. 100 d'argile.

Les deux échantillons de chaux hydrauliques provenaient des calcaires liasiques exploités, sur une grande échelle, à Fontenay-le-Pesnel. Voici leur analyse complète :

| | | |
|---|---|---|
| Perte au feu . . . . . . . . . | 8,20 | 6,70 |
| Silice. . . . . . . . . . . . . | 13,10 | 10,05 |
| Oxyde de fer, alumine . . . . | 11,25 | 9,80 |
| Chaux . . . . . . . . . . . . | 59,04 | 68,12 |
| Magnésie. . . . . . . . . . . | 7,44 | 3,78 |
| | 99,03 | 98,45 |

Sous la rubrique *Divers*, sont compris :

2 échantillons de chlorure de potassium remis par un fabricant de produits chimiques de Cherbourg ;

1 échantillon de schistes graphiteux, provenant d'Ouville, près Coutances. L'aspect noirâtre de ces schistes avait fait supposer qu'ils indiquaient le voisinage de la houille ; mais ils appartiennent incontestablement au terrain silurien. Leur analyse a donné :

| | | |
|---|---|---|
| Perte au feu . . | 17 p. 100. | Carbone équivalent . . 2,3 |
| Soufre. . . . . | 2,2 | (dosé par l'essai à la litharge). |

4 produits de sondages exécutés dans le port de Honfleur et sur le tracé du chemin de fer de Dives à Deauville. Tous les quatre représentaient des argiles plus ou moins marneuses appartenant au kimméridien ou à la base de la craie. Ces échantillons ont été remis par M. l'Ingénieur en chef du département.

## III.— LABORATOIRE DE CARCASSONNE.

Travaux de M. WICKERSHEIMER, ingénieur des mines (EXTRAIT).

1° *Graphite de Camurac* (Aude). — Le gisement forme un filon dans les schistes siluriens.

| | |
|---|---|
| Eau. . . . . . . . . . . . . . | 0,0290 |
| Cendres. . . . . . . . . . . . | 0,5315 |
| Charbon . . . . . . . . . . . | 0,4395 |
| | 1,0000 |

Composition des cendres :

| | |
|---|---|
| Silice . . . . . . . . . . . . . | 0,3835 |
| Oxyde de fer . . . . . . . . . | 0,0860 |
| Alumine . . . . . . . . . . | 0,0610 |
| | 0,5305 Perte : 0gr.,0010. |

2° *Lignite d'Estavar* (Pyrénées-Orientales). — L'analyse de ce lignite a déjà été publiée antérieurement dans les *Annales des Mines*. La couche analysée aujourd'hui est à 3m au-dessous de l'autre.

La dessiccation à 100° donne lieu à une perte de poids de 0,30 p. 100. Le résidu sec est ainsi composé :

| | |
|---|---|
| Cendres | 9,10 |
| Matières volatiles | 59,04 |
| Carbone fixe | 31,86 |
| | 100,00 |

1 gr. de lignite réduisant de la litharge produit 19gr.,76 de plomb.

Carbone équivalent $\frac{19,76}{34} = 0,581$.

Carbone équivalent aux matières volatiles.

$$\frac{19,76}{34} - 0,3186 = 0,2624.$$

3° *Minerai manganésé de Jurviel* (Haute-Garonne). — Il forme un amas argileux dans des alluvions sur les bords d'un ruisseau.

La dessiccation donne lieu a une perte de poids de 4,55 p. 100. Le résidu, complètement sec, a donné :

| | |
|---|---|
| Silice | 0,2967 |
| $CaO.CO^2$ | 0,2164 |
| $MnO^2$ | 0,4400 |
| Argile | 0,0380 |
| | 0,9901 |

4° *Minerai complexe de nickel et de cobalt de la vallée d'Aran* (circonstances de gisement inconnues). — Le minerai est vert clair et d'un aspect terreux ; sa composition est la suivante :

| | |
|---|---|
| Quartz | 0,0910 |
| Hydrocarbonates de cobalt et de nickel | 0,0747 |
| Sulfures d° | 0,1788 |
| Argile | 0,3200 |
| Oxyde de fer | 0,0240 |
| Eau d'hydratation | 0,1600 |
| Pertes et matières non dosées | 0,1515 |
| | 1,0000 |

5° *Eau de la distribution de la ville de Carcassonne* (prise en amont de la ville).— Ces eaux sont variables de composition dans des limites assez étendues. Ce fait doit surtout être attribué à ce qu'un des affluents de l'Aude, le Réalsès, reçoit les abondantes sources *salées* de Sougraigne dont le volume et la composition varient beaucoup.

Voici une analyse moyenne :

Résidu salin par litre. . . . . . . . . . . . . . 0 gr, 2717

Composé comme suit :

| | gr. |
|---|---|
| $CaO.SO^3$ | 0,0906 |
| $CaO.CO^2$ | 0,1487 |
| Na Cl | 0,0320 |
| MgO | traces. |
| Ca Cl | traces. |
| | 0,2713 |

## IV.— LABORATOIRE DE CLERMONT-FERRAND.

Travaux de M. BONNEFOY, ingénieur des mines.

1° *Produit bitumineux*, dit *factice*, présenté par M. Roussel, négociant à Riom, comme fourni par la maison Roux et Pavy, de Lyon.

On a constaté d'abord, en déterminant la perte résultant du grillage et de la calcination sur plusieurs prises d'essai différentes, que la matière en question n'était nullement homogène. On a concassé alors en très petits fragments la moitié environ de l'échantillon présenté, mélangé les produits du broyage aussi complètement que possible, et c'est sur ce mélange qu'a été prélevée la prise d'essai définitive dont l'analyse a été conduite comme il est dit ci-dessous.

1[re] opération. Dissolution du bitume par le sulfure de carbone. Le résidu insoluble a été pesé après dessiccation complète ; son poids a été trouvé égal à 89,0 p. 100 du poids essayé.

2° Attaque de ce résidu par l'acide chlorhydrique très étendu. La quantité de matière dissoute par cet acide a été équivalente à 32,5 p. 100 du poids primitif.

3° Grillage et calcination de la matière restante, dans le but de brûler une certaine proportion de substances charbonneuses qui étaient demeurées insolubles dans le sulfure de carbone et de chasser l'eau d'hydratation de l'argile. Après cette opération, le poids de la matière en expérience s'est trouvé réduit à 42,8 p. 100 du poids initial.

4° Dans la liqueur chlorhydrique provenant de la deuxième opération, on a dosé la chaux et la magnésie ; on a trouvé :

| | |
|---|---|
| Chaux . . . . . . . . . . . . . . . . . | 15,9 pour 100. |
| Magnésie . . . . . . . . . . . . . . . | 1,9 — |

Si l'on suppose que ces deux bases existaient dans l'échantillon à l'état exclusif de carbonates, on trouve, par le calcul, que les proportions de ces carbonates devaient être :

| | |
|---|---|
| Carbonate de chaux . . . . . . . . . . . . . . | 28,3 |
| Id. de magnésie . . . . . . . . . . . | 3.9 |
| Total. . . . . . . | 32.2 |

Ce total étant sensiblement égal au poids dissous par l'acide chlorhydrique, on doit admettre que l'échantillon ne contenait effectivement pas de chaux libre, ou n'en contenait qu'une proportion négligeable.

En résumé, la composition de l'échantillon analysé peut être représentée par les chiffres suivants :

| | |
|---|---|
| Bitume . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 11 p. 100. |
| Carbonate de chaux . . . . . . . . . . . . . . . . | 28,3 |
| Id. de magnésie . . . . . . . . . . . . . . . . | 3,9 |
| Argile et sable (mélangés naturellement au calcaire ou ajoutés séparément) . . . . . . . . . . . . . . . | 42,8 |
| Eau et matières charbonneuses, insolubles dans le sulfure de carbone. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 13,7 |
| Total. . . . . . | 99,7 |

2° *Houilles* (Echantillons envoyés par M. Voisin, ingénieur des mines.

*a*. Houille provenant de recherches exécutées par M. le comte de Saint-Georges, près du domaine du Bois, commune de Deneville (Allier). — L'échantillon $a_1$ provenait d'une couche de 2m de puissance, rencontrée par un puits à la profondeur de 6m, sous les argiles tertiaires. L'échantillon $a_2$ provenait d'une autre couche, de 1m de puissance, rencontrée par le même puits à la profondeur de 10 mètres.

*b*. Houille provenant des recherches entreprises par MM. Eckmann et Cie, dans la commune de Souvigny (Allier) ; l'échantillon avait été emprunté à un banc de 45 centimètres d'épaisseur, atteint à 108m,50 de profondeur par le puits de l'ancien étang de la Ganne.

*c*. Houille provenant du Huis-Hardy, commune d'Ouroux (Nièvre).

Chaque échantillon a été soumis aux opérations suivantes :

Calcination à l'abri de l'air sur un poids de 5 grammes pour évaluation de la proportion de matières volatiles.

Grillage du résidu et pesée des cendres.

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus :

| Échantillons essayés. | Pour 100. | | Aspect du résidu de la calcination. | Nature et aspect des cendres. |
|---|---|---|---|---|
| | Matières volatiles. | Cendres. | | |
| $a_1$ | 37,0 | 3,5 | Nullement aggloméré. | Argileuses-rosées. |
| $a_2$ | 37,9 | 4,9 | Nullement aggloméré. | Argileuses-rosées. |
| $b$ | 31,8 | 29,4 | Très faiblement aggloméré. | Argileuses-brunâtres. |
| $c$ | 27,7 | 27,3 | Nullement aggloméré. | Argileuses.— Très légèrement grisâtres. |

3° *Terre ligniteuse* présentée par M. le Maire de Saint-Amand-Tallende (Puy-de-Dôme), comme provenant de la dite commune.

Cette terre ne perd au grillage que 20,8 p. 100 ; elle ne saurait donc être utilisée comme combustible. Les débris végétaux qu'elle renferme paraissent former de minces feuillets parallèles, imprégnés d'une matière argileuse. Il faut probablement les rattacher aux lits de *dusodyle* qui sont connus sur plusieurs points aux environs de Saint-Amand-Tallende.

4° *Minerai de fer et de manganèse* provenant des recherches entreprises entre les villages de Lorlanges et Vernassol (canton de Brioude, Haute-Loire), par M. Bourroux, de Lempdes (échantillon remis par M. Forqueray, agent général de la Société des houillères de la Haute-Loire).

L'échantillon était de couleur brune et d'aspect terreux ; il tachait fortement le papier et était soluble presque en totalité dans l'acide chlorhydrique. Le résidu ne représentait que 6 p. 100 du poids total ; il paraissait uniquement formé de quartz. La partie soluble a été reconnue contenir de l'oxyde de manganèse très dominant, un peu d'oxyde de fer, un peu de chaux et une très faible quantité de baryte.

Le minerai en question doit appartenir à la formation tertiaire; il se trouve sans doute dans les mêmes conditions de gisement que les minerais de fer connus près de l'exploitation d'alunite de Madriat; mais il est remarquable par sa forte teneur en manganèse.

5° *Pyrite de fer* provenant d'une veine rencontrée par l'un des travers-bancs de Gouttebessy (mine de plomb argentifère de Sagne, près Cunlhat, Puy-de-Dôme). Échantillon envoyé par l'exploitant, M. J. Troussard, qui en demandait l'examen au point de vue de la teneur en argent.

On a fondu, dans un creuset de terre, un mélange de 25 grammes de minerai en question, avec 30 grammes de carbonate de soude, 30 grammes de borax, 100 grammes de litharge et une proportion de nitre calculée, d'après une opération préliminaire, en vue d'obtenir un culot de plomb pesant environ 20 grammes.

Le culot obtenu pesait 22gr.,225; il a donné à la coupellation un bouton d'argent de 1mmg. 1/2.

Pour tenir compte de l'argent qui pouvait avoir été fourni par la litharge employée, on a procédé à une nouvelle opération consistant à fondre ensemble 100 grammes de cette litharge, 30 grammes de borax et 1gr.,20 de charbon pulvérisé, de façon à produire un culot de plomb dont le poids fût peu différent de 22gr.,225. On a obtenu en effet un culot d'environ 22 grammes qui, coupellé, a donné un bouton d'argent pesant sensiblement 1mmg. La différence entre ce dernier poids et celui du bouton obtenu dans l'opération précédente est trop faible pour qu'on puisse en conclure que la pyrite essayée est réellement argentifère; mais on peut affirmer, en tout cas, qu'elle ne l'est pas assez pour qu'il y ait utilité à l'exploiter.

---

## V. — LABORATOIRE DU MANS.

Travaux de M. LODIN, ingénieur des mines (Extrait).

### § 1er. — Engrais.

Les analyses d'engrais ont été demandées en grand nombre (47); elles ont toutes été faites par la même méthode. L'azote a été dosé sous forme d'ammoniaque par calcination de la matière avec la chaux sodée. L'acide phosphorique sous forme de phosphate soluble a été séparé au moyen d'une dissolution de citrate d'ammoniaque et précipité sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien. L'acide phosphorique total a été dosé de la même manière, après addition d'une quantité d'acide citrique suffisante pour éviter toute précipitation au moment de la saturation par l'ammoniaque.

La potasse a été dosée sous forme de perchlorate quand son dosage a été spécialement demandé.

### § 2. — Terres, marnes, calcaires, etc.

1° *Échantillons de marne* provenant du domaine du Boille, commune de Montmirail.

| 1° Composition physique : | a | b |
|---|---|---|
| Gros sable et cailloux | 6,80 | 3,50 |
| Matières fines | 93,20 | 96,50 |
| | 100,00 | 100,00 |
| 2° Composition chimique : | | |
| Humidité | 5,25 | 5,60 |
| Alumine et oxyde de fer | 3,27 | 4,63 |
| Carbonate de chaux | 10,33 | 18,88 |
| Sable et argile | 81,15 | 70,89 |
| Totaux | 100,00 | 100,00 |

2° *Sable* provenant du domaine de Boille, commune de Montmirail.

| | |
|---|---|
| Eau hygrométrique | 1,48 |
| Alumine et oxyde de fer | 0,15 |
| Carbonate de chaux | 6,64 |
| Alcalis | traces |
| Sable fin | 90,77 |
| Total | 99,04 |

3° *Terre sableuse*, envoyée par M. Damilaville, au Mans.

| | |
|---|---|
| Humidité | 6,90 |
| Autres matières volatiles au rouge | 7,68 |
| Alumine et oxyde de fer | 1,40 |
| Carbonate de chaux | 0,65 |
| Sable quartzeux | 80,96 |
| Total | 97,59 |

4° *Calcaires et marne* envoyés par M. Hédin.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Résidu insoluble | 2,47 | 3,71 | 5,55 | 1,56 | 0,93 | 0,50 | 14,50 | 61,53 |
| Alumine et oxyde de fer | 1,93 | 0,57 | 0,80 | 0,70 | | 0,60 | 2,53 | 3,03 |
| Chaux | 29,67 | 29,47 | 30,10 | 52,47 | 54,65 | 52,10 | 43,00 | 16,29 |
| Magnésie | 20,17 | 19,90 | 19,25 | 2,30 | traces | 0,62 | 0,79 | 0,27 |
| Perte par calcination | 45,70 | 46,25 | 44,50 | 43,60 | 43,50 | 43,50 | 36,25 | 16,50 |
| Eau hygrométrique | » | » | 0,10 | » | » | » | 0,50 | 2,80 |
| Totaux | 99,94 | 99,90 | 100,30 | 100,63 | 99,08 | 100,32 | 97,57 | 100,42 |

N° 1.— Dolomie cambrienne de Chamasson, près St-Léonard.
N° 2.— Id. de St-Aubin-de-Locquenay.
N° 3.— Id. d'Assé-le-Boisne.
N° 4.— Calcaire cambrien de la Chaterie.
N° 5.— Id. de Fontaine.
N° 6.— Calcaire oolithique des Bercons.
N° 7.— Calcaire callovien des Bercons.
N° 8.— Marne de Moitron.

Les cinq premiers échantillons appartiennent à une même assise intercalée dans le terrain cambrien de la Sarthe. Les résultats obtenus prouvent que la composition de cette assise varie d'un point à l'autre, entre les limites les plus étendues, depuis la dolomie pure jusqu'au calcaire presque pur.

5° *Chaux*.— Échantillon envoyé par M. Dubois, chaufournier à Parigné-l'Évêque.

| | |
|---|---|
| Résidu insoluble dans les acides . . . . | 1,53 |
| Alumine et oxyde de fer . . . . . . . | 1,98 |
| Eau et acide carbonique . . . . . . | 1,45 |
| Magnésie . . . . . . . . . . . . . . . | 0,71 |
| Chaux. . . . . . . . . . . . . . . . | 94,33 |
| Total . . . . . . | 100,00 |

6° *Argiles*. — M. Dubois, à Parigné-l'Evêque, a envoyé trois échantillons d'argile et de briques pour en vérifier la résistance aux hautes températures ; ces produits divers ne se sont montrés nullement réfractaires.

## § 3. — Combustibles.

| | 1. | 2. | 3. | 4. |
|---|---|---|---|---|
| Rendement en coke . . . | 91,47 | 91,40 | 92,09 | 83,98 |
| Cendres. . . . . . . . | 17,20 | 10,20 | 9,40 | 6,00 |
| Humidité . . . . . . . | 2,77 | 3,92 | 3,97 | 0,91 |

N° 1.— Anthracite menu provenant des recherches du Bois-aux-Moines (Concession de Sablé).

N° 2.— Charbon à clivage distinct (dit *carré*) du Genest.

N° 3.— Id. de l'Huisserie.

N° 4.— Id. de la veine N° 6 du bassin nord de Saint-Pierre-la-Cour (Terrain houiller supérieur). — Échantillon choisi.

Les trois premiers échantillons ne se sont nullement agglomérés ; le quatrième a donné un coke noir, brillant, boursouflé.

## § 4.— Divers.

1° *Echantillons d'alun* envoyés par M. Bouthevin, fabricant de couvertures à Mayet.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acide sulfurique. . . . . . | 35,70 | 33,99 | 33,71 |
| Alumine. . . . . . . . . . . | 10,73 | 12,05 | 12,07 |
| Oxyde de fer ( $Fe^2O^3$ ) . . | 0,02 | 0,05 | 0,03 |
| Ammoniaque. . . . . . . | 3,72 | » | » |
| Potasse . . . . . . . . . | » | 7,95 | 54,19 |
| Eau. . . . . . . . . . . . | 49,83 | 45,96 | |
| Totaux . . . . | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

2° *Zinc.*— Échantillon destiné à la fabrication du laiton, remis par M. Hédin, de Fresnay.

| | |
|---|---|
| Etain . . . . . . . . . . . . . . . . . | traces. |
| Plomb . . . . . . . . . . . . . . . . | 2,34 |
| Fer. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,67 |
| Zinc. . . . . . . . . . . . . . . . . | 95,99 |
| | 100,00 |

3° *Tannin.*— Échantillons d'écorce de chêne et de garouille d'Afrique, envoyés par MM. Hardyau frères, tanneurs à St-Calais.

| | | |
|---|---|---|
| Chêne vert d'Afrique . . . . . . . . . . | 4,14 p. 100 | de tannin. |
| Garouille d'Afrique . . . . . . . . . . | 2,86 p. 100 | id. |

4° *Eaux de la ville du Mans.*— Les eaux de la ville du Mans dégageaient, vers le mois de mars 1880, des quantités très notables de gaz, ce qui avait donné lieu à des plaintes. L'analyse du gaz dégagé a démontré que c'était simplement de l'air atmosphérique, aspiré par les garnitures des pompes foulantes.

Les essais faits en même temps sur l'eau elle-même ont indiqué une teneur par litre de 0gr.,294 de matières solides et 0gr.,012 de chlore. La proportion de matières organiques n'était pas appréciable à cette époque.

## VI.— LABORATOIRE DE MARSEILLE.

Travaux de M. OPPERMANN, ingénieur des mines.

### § 1er.— COMBUSTIBLES.

1° *Houille.*— Envoi de M. Garance, à Marseille. Provient de Toudon (Alpes-Maritimes). C'est une houille, maigre, friable, pyriteuse, avec des veinules nombreuses de sulfate de chaux.

Ce gisement, qui est en ce moment l'objet d'une demande en concession, fait partie des marnes irisées (keuper), et consiste en une couche presque verticale de 0m,70 de puissance.

| | |
|---|---|
| Matières volatiles | 0,200 |
| Carbone fixe | 0,550 |
| Cendres | 0,250 |
| | 1,000 |
| Pb avec PbO | 23,800 |
| Carbone équivalent | 0,700 |
| Id. aux matières volatiles | 0,150 |

2° à 12°. *Lignite.*— Envoi de M. Buisson, directeur des mines de Manosque. Ces onze échantillons proviennent des différents chantiers d'exploitation ouverts dans la concession de Gaude (Basses-Alpes).

Lignite de bonne qualité, mais friable. Le coke est pulvérulent, parfois fortement boursouflé, mais sans consistance; les cendres sont grises.

*a* Couche grasse N° 2, à l'est de la galerie Mathilde.

*a'* Couche grasse N° 2, à l'ouest de la galerie Mathilde.

*b* Couche grasse N° 3, à l'est de la galerie Mathilde.

*b'* Couche grasse N° 3, à l'ouest de la galerie Mathilde.

*c* Avancement de « couche fine, » à l'est de la galerie d'écoulement.

*c'* Avancement de « couche fine, » à l'ouest de la galerie d'écoulement.

*d* Avancement de la « couche du Puits, » à l'est de la galerie d'écoulement,

*e* Avancement de la « Pompe, » à l'ouest de la galerie d'écoulement.

*f* Avancement de la « couche Milon, » pris dans la galerie d'écoulement.

*g* Avancement « Bessonne, » à l'ouest de la galerie d'écoulement.

*h* Couche N° 6, grisouteuse.

| | *a* | *a'* | *b* | *b'* | *c* | *c'* | *d* | *e* | *f* | *g* | *h* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Matières volatiles..... | 0,500 | 0,515 | 0,495 | 0,438 | 0,555 | 0,536 | 0,540 | 0,538 | 0,580 | 0,529 | 0,445 |
| Carbone fixe.......... | 0,320 | 0,349 | 0,315 | 0,322 | 0,381 | 0,344 | 0,330 | 0,306 | 0,326 | 0,357 | 0,425 |
| Cendres .............. | 0,180 | 0,136 | 0,190 | 0,240 | 0,064 | 0,120 | 0,130 | 0,156 | 0,094 | 0,114 | 0,130 |
| | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Pb avec PbO ......... | 21,500 | 22,500 | 21,200 | 19,000 | 22,500 | 17,600 | 20,700 | 19,300 | 20,500 | 18,100 | 19,85[illegible] |
| Carbone équivalent .. | 0,632 | 0,661 | 0,623 | 0,558 | 0,661 | 0,517 | 0,608 | 0,567 | 0,603 | 0,532 | 0,5[illegible] |
| Id. aux mat. vol. | 0,312 | 0,312 | 0,308 | 0,236 | 0,280 | 0,173 | 0,278 | 0,261 | 0,277 | 0,175 | 0,15[illegible] |

13° *Lignite.* — Provient de la concession du Plan-d'Aups (Var), couche Rosalie, puits d'Aumale.

L'échantillon représente un morceau de plusieurs kilogrammes pris parmi les beaux morceaux, et pulvérisé.

Le coke est pulvérulent, les cendres sont grises.

| | |
|---|---|
| Matières volatiles . . . . . . . . . . . . . | 0,492 |
| Carbone fixe. . . . . . . . . . . . . . . . | 0,446 |
| Cendres . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,062 |
| | 1,000 |
| Pb avec PbO . . . . . . . . . . . . . . . | 24,130 |
| Carbone équivalent. . . . . . . . . . . . | 0,709 |
| Id aux matières volatiles. . | 0,263 |

14° *Houille.*— Envoi de M. Bodin, courtier à Marseille.

Échantillon de houille anglaise venant de Cardiff, et dénommée « Cory's Merthyr Cannel Steam. » Houille un peu sèche, friable, d'un beau noir brillant ; le coke est faiblement aggloméré, les cendres sont grisâtres. La faible proportion de matières volatiles et sa teneur en carbone rapprochent ce combustible des houilles anthraciteuses.

| | |
|---|---|
| Matières volatiles | 0,140 |
| Carbone fixe | 0,750 |
| Cendres | 0,110 |
| | 1,000 |
| Pb avec PbO | 29,630 |
| Carbone équivalent | 0,870 |
| Id. aux matières volatiles | 0,120 |

15° et 16°. *Lignite.* — Envoi de M. Lombard, à Aubagne (Bouches-du-Rhône).

Ces deux échantillons proviennent de recherches de mines effectuées sur le territoire de la commune de Majastre, quartier de Soleil-Bœuf (Basses-Alpes).

*a.* 1^re^ couche, lit n° 2, puissance 0^m^,50, d'un noir assez brillant, aspect schisteux, très friable;

*b.* 2^e^ couche, puissance 0^m^,80, aspect terne et terreux, friable. Le coke est pulvérulent, les cendres gris-rosé-pâle.

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Matières volatiles | 0,520 | 0,570 |
| Carbone fixe | 0,320 | 0,304 |
| Cendres | 0,160 | 0,126 |
| | 1,000 | 1,000 |
| Pb avec PbO | 15,100 | 16,200 |
| Carbone équivalent | 0,440 | 0,476 |
| Id. aux matières volatiles | 0,120 | 0,172 |

17° *Houille.* — Envoi de M. Roche, ingénieur des mines à Nice.

Échantillon provenant de recherches effectuées près d'Ascros (Alpes-Maritimes), dans les marnes irisées (keuper). Ce gîte se compose d'une couche de charbon de 0m,50, à 0m,80 de puissance. Il vient d'être l'objet d'une demande en concession de la part de la Compagnie anonyme des mines du Var.

Ce combustible est parsemé de veinules de gypse et de rognons de pyrite. C'est une houille maigre. Le coke est pulvérulent, les cendres gris-pâle.

| | |
|---|---|
| Matières volatiles | 0,408 |
| Carbone fixe | 0,316 |
| Cendres | 0,276 |
| | 1,000 |
| Pb avec PbO | 17,850 |
| Carbone équivalent | 0,525 |
| Id. aux matières volatiles | 0,209 |

18° à 20°. *Lignite.*— Envoi de M. Sauzier, directeur de l'exploitation de la Compagnie des mines de charbon des Alpes, à Volx (Basses-Alpes). Ces trois échantillons proviennent de couches exploitées à la concession de Dauphin (Exploitation du Collet-Rouge).

*a*, Queyron, Pousseuse n° 5; *b*, Queyron, Pousseuse n° 6; *c*, Collet-Rouge, couche inférieure. Lignite de bonne qualité, mais très friable. Le coke est pulvérulent, ou bien boursouflé, mais sans consistance, les cendres sont grises. on remarquera la grande quantité de soufre de *a*.

| | *a* | *b* | *c* |
|---|---|---|---|
| Matières volatiles | 0,459 | 0,446 | 0,450 |
| Carbone fixe | 0,407 | 0,462 | 0,402 |
| Cendres | 0,134 | 0,092 | 0,148 |
| | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Pb avec PbO | 20,650 | 23,200 | 21,400 |
| Carbone équivalent | 0,607 | 0,682 | 0,629 |
| Id. aux matières volatiles | 0,200 | 0,220 | 0,227 |
| Soufre | 0,072 | 0,028 | 0,036 |

## § 2. Minerais.

1° *Cuivre pyriteux.*— Échantillon de cuivre pyriteux, parsemé de petites mouches de carbonate vert. Produit au contact des acides une effervescence assez vive. Gangue silico-calcaire.

Envoi de M. Lombard, de Verdaches (Basses-Alpes); provient des environs de cette localité, où M. Lombard a exécuté quelques travaux de recherche.

On a dosé seulement le fer et le cuivre ; le plomb, recherché, n'a pas été trouvé.

| | |
|---|---|
| Résidu siliceux insoluble | 0,172 |
| Fer | 0,178 |
| Cuivre | 0,136 |
| Matières non dosées | 0,514 |
| | 1,000 |

2° *Cuivre carbonaté vert.* — Envoi de M. Jouve, propriétaire au Luc, département du Var.

Cet échantillon consiste en un grès silico-calcaire très fin, imprégné de carbonate vert. Il provient des environs du Luc, et a été pris aux affleurements. On exécute actuellement sur ce gisement des travaux de recherches. Il est situé dans les grès bigarrés.

| | |
|---|---|
| Cuivre | 0,135 |
| Gangue siliceuse | 0,665 |
| Eau; $CO^2$·CaO | 0,200 |
| | 1,000 |

3° *Blende.*— Envoi de M. Jullien, Édouard, négociant à Marseille. Provient du Portugal.

Échantillon de bonne apparence, assez pur, à gangue quart-

zeuse, ne renfermant que des traces de cuivre et de plomb à peine appréciables.

| | |
|---|---|
| Résidu siliceux. . . . . . . . . . . . . . . | 0,077 |
| Soufre . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,278 |
| Fer. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,053 |
| Cuivre . . . . . . . . . . . . . . . . . . | traces |
| Plomb . . . . . . . . . . . . . . . . . . | traces |
| Zinc . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,512 |
| Matières non dosées et pertes . . . . . . . . | 0,080 |
| | 1,000 |
| Argent aux 100 kilogr. de minerai . . . . . | 24 grammes |

4° *Pyrolusite.* — Envoi de M Barsse, à Marseille. Provient des environs d'Athènes.

Cet échantillon de pyrolusite appartient à la variété dite terreuse; sa structure est quelque peu concrétionnée, la poussière est noire. Ne paraît pas pouvoir être utilisé dans la métallurgie du fer.

| | |
|---|---|
| Silice et argile. . . . . . . . . . . . . . | 0,371 |
| Fer . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,044 |
| Manganèse . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,254 |
| Cu. Ni. Co . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Eau . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,090 |
| CaO. MgO. O., etc . . . . . . . . . . . . | 0,241 |
| | 1,000 |

5° à 16° *Calamines. Galènes.* — Ces différents échantillons proviennent tous de la concession de Suillet, commune d'Orpierre (Hautes-Alpes). Exploitants : MM. Roux de Fraissinet, à Marseille.

Les gîtes paraissent, surtout au quartier de Belleric, avoir rempli des fentes verticales dont la principale passe par le village en traversant à peu près à angle droit la vallée que suit la route passant à Orpierre; la partie la plus basse contient de la galène et de la blende, les parties supérieures contiennent de la cala-

mine, parfois très ferrugineuse et poreuse (Baume-Rousse). Ces divers minerais ont été essayés pour apprécier la teneur moyenne de toute l'extraction, et la teneur en argent des galènes blendeuses rencontrées.

*Quartier de Belleric*, *a*, *c*, *d*, *e*, *f*, calamines ; *b*, galène.

| | *a* | *c* | *d* | *e* | *f* | *b* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Zinc . . . . . . . . . . . . . | 34,15 | 36,10 | 28,90 | 13,00 | 20,00 | » |
| Fer . . . . . . . . . . . . . | » | » | » | 25,70 | » | » |
| Argent aux 1.000 k. de minerai. | » | » | » | » | 0k.,133 | 0k.,230 |
| Plomb . . . . . . . . . . . | » | » | » | » | 12,500 | 36,50 |

*Quartier des Quatre-Heures*. *g*, calamine.

| | *g* |
|---|---|
| Zinc . . . . . . . . . . . . . | 36,90 |

*Quartier de Baume-Rousse*. *h*, calamine, simulant comme aspect les calamines riches ; *k*, calamine pauvre et ocracée, aspect caverneux et scoriforme.

| | *h* | *k* |
|---|---|---|
| Zinc . . . . . . . . . . . | 4,00 | 8,60 |

*Quartier des Turcs*. *l* et *m*, calamine ; *n*, galène.

| | *l* | *m* | *n* |
|---|---|---|---|
| Zinc. . . . . . . . . . . | 38,75 | 37,80 | » |
| Plomb . . . . . . . . . . . . | » | » | 10,00 |
| Argent aux 1.000 k. de minerai. | » | » | 0k,166 |

## § 3. — Divers.

1° à 3° *Roches asphaltiques.*— Envoi de M. Landre, entrepreneur de travaux en asphalte à Marseille. Ces trois échantillons proviennent des mines d'asphalte exploitées par M. Landre, dans les Basses-Alpes (Concessions de la Chabanne, des Plaines, etc.).

*a.* Calcaire très siliceux, fissile, assez tendre, odeur bitumineuse très prononcée

*b.* Calcaire à peu près pur, compacte très dur, odeur bitumineuse faible.

*c.* Calcaire très siliceux, compacte dur, homogène, odeur bitumineuse très prononcée.

Le bitume a été dosé au moyen du sulfure de carbone qui le dissout complètement.

| | *a* | *b* | *c* |
|---|---|---|---|
| $CaO \cdot CO^2$ . . . . . . . . . . . | 0,290 | 0,904 | 0,282 |
| Argile et silice . . . . . . . . . | 0,591 | » | 0,580 |
| Oxyde de fer . . . . . . . . . . | 0,016 | traces. | 0,021 |
| Bitume. . . . . . . . . . . . | 0,091 | 0,081 | 0,101 |
| Eau et pertes . . . . . . . . . | 0,012 | 0,015 | 0,116 |
| | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

4° *Argile blanche.*— Envoi de M. Villot, ingénieur en chef des mines. Provient des Basses-Alpes. Se trouve en couches faiblement inclinées à l'entrée du village de Montfuron, couches appartenant au terrain à lignite. C'est une sorte d'argile blanche très légère, se délayant rapidement dans l'eau, et ressemblant à certaines alunites, mais on voit que l'acide sulfurique et la potasse

ne s'y rencontrent qu'en quantités excessivement faibles. Densité : 1,770.

| | |
|---|---|
| $SiO^3$ | 0,200 |
| $Al^2O^3$ | 0,140 |
| $Fe^2O^3$ | traces. |
| CaO | 0,225 |
| MgO | 0,078 |
| $SO^3$ | 0,004 |
| KO | traces. |
| HO | 0,090 |
| $CO^2$ | 0,263 |
| | 1,000 |

5° *Ocre jaune.*— Envoi de M. Auguié, à Marseille. Pro du département du Var, commune du Vieux-Revest, quartier des Maures.

Cet échantillon est très homogène, à grains fins, d'une belle couleur jaune et devient d'un très beau rouge après calcination.

Ce produit paraît pouvoir être utilisé dans l'industrie des couleurs communes.

| | |
|---|---|
| Eau et $CO^2$ | 0,185 |
| Silice gélatineuse | 0,032 |
| Sable fin | 0,048 |
| Alumine | 0,325 |
| Chaux | 0,045 |
| Peroxyde de fer | 0,365 |
| | 1,000 |

6° à 9° *Mortiers.* — Présentés par M. Villot, ingénieur en chef des mines. Il s'agissait de s'assurer de la proportion de chaux libre contenue dans ces mortiers, visiblement de très mauvaise qualité. L'analyse a démontré qu'on avait affaire à des mortiers excessivement maigres, et que, de plus, le sable employé à leur confection était quelque peu calcaire et poussiéreux.

*a*, *b*, *c*. Coloration rouge brique-pâle.

| | *a* | *b* | *c* |
|---|---|---|---|
| Sable fin . . . . . . . . . . . | 0,842 | 0,826 | 0,823 |
| Silice soluble . . . . . . . . | traces. | traces. | traces. |
| Chaux totale. . . . . . . . . . | 0,089 | 0,092 | 0,079 |
| Eau à 100 degrés. . . . . . . . | 0,003 | 0,002 | 0,002 |
| $CO^2$ et matières non dosées . . | 0,066 | 0,080 | 0,106 |
| | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Chaux libre . . . . . . . . . . | 0,042 | 0,044 | 0,037 |

## VII. — LABORATOIRE DE MÉZIÈRES.

Travaux de M. NIVOIT, ingénieur des mines.

### § 1.— Acide phosphorique.

1° *Phosphate de chaux dans le terrain dévonien.*— Dans les schistes à calcéoles du terrain dévonien, près Vieux-Molhain (Ardennes), on observe de petits nodules disséminés, dans lesquels nous avons constaté :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique. . . . . . . . | 6,91 p. 100. |
| Phosphate tricalcique correspondant . | 15,08 » |

Les trilobites qu'on trouve dans la même formation sont partiellement transformés en phosphate de chaux et contiennent :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique. . . . . . . . | 14,08 p. 100 |
| Phosphate tricalcique correspondant | 30,72 » |

Ils ont une teinte noire due à la présence d'une substance organique azotée et dégagent, par la calcination, une odeur de corne brûlée.

2° *De l'acide phosphorique dans le lias des Ardennes.*— Le lias du département des Ardennes se compose de grès calcaire, de calcaire argileux, sableux et ferrugineux, de marne et de sable micacé.

Toutes ces roches contiennent de l'acide phosphorique. Les marnes, qui sont généralement argileuses, n'en renferment qu'une faible proportion. Il en est de même des sables :

| | |
|---|---|
| Marne supérieure de Mouzon. . . . . . . | 0,03 p. 100. |
| Marne supérieure d'Amblimont. . . . . . | 0,02 » |
| Sable micacé de Romery . . . . . . . . . | 0,02 » |

Les calcaires sont moins pauvres :

| | |
|---|---|
| Calcaire argileux de Mohon.. . . . . . . | 0,10 p. 100. |
| Calcaire à taches verdâtres de Pont-Maugis. | 0,08 » |
| Calcaire ferrugineux d'Euilly . . . . . . | 0,10 » |
| Calcaire ferrugineux de Signy-le-Petit. . . | 0,35 » |
| Nodules calcaires de Saint-Marcel . . . . | 0,34 » |
| Nodules calcaires de Flize. . . . . . . . | 0,26 » |

C'est là une des raisons pour lesquelles les terres argilo-calcaires sont préférables aux terres argileuses ou sableuses.

Mais ce sont surtout les minerais de fer qui sont chargés d'acide phosphorique :

| | |
|---|---|
| Minerai du Tremblois . . . . . . . . . | 0,80 |
| Minerai de la Ferté. . . . . . . . . . | 1,20 |
| Minerai de Thonne-le-Thil. . . . . . . | 0,44 |
| Minerai de Villers-sur-Bar. . . . . . . | 0,75 |

On sait qu'il en est de même dans le département de Meurthe-et-Moselle et que le minerai liasique de Longwy donne des fontes très phosphoreuses.

En quelques points, on remarque, au milieu des calcaires, des parties brunes ou grisâtres, qu'il est impossible de détacher et qui

sont plus riches en acide phosphorique que la masse environnante. Entre les feuillets des marnes schisteuses du lias supérieur, on trouve quelque fois de la *vivianite* (Fresnois). La chaux phosphatée se révèle encore par les formes d'origine animale qu'elle a souvent conservées ; ainsi nous avons trouvé dans une couche de vertèbres de sauriens (Aiglemont) 26,70 p. 100 d'acide phosphorique, et dans un fragment d'ammonite de la même localité 1,70 p. 100.

Enfin, quand l'acide phosphorique se concentre davantage, il donne lieu à de véritables rognons, qui se séparent plus ou moins facilement de la masse dans laquelle ils sont enchâssés. On les observe, dans le département des Ardennes, à cinq niveaux distincts, dont le second seul a déjà été signalé dans l'Auxois et dans les Vosges :

1° Dans les grés calcaires à *Montlivaultia* (Aiglemont, Saint-Menges, Floing) ;

2° Dans le calcaire sableux à *Gryphæa cymbium* (ferme du Temple, Mairy) ;

3° Dans le calcaire marneux à *Belemnites clavatus* (Mohon, Margut) ;

4° Dans le calcaire ferrugineux au-dessus du minerai de fer et de lits de lumachelle (Pont-Maugis, Aillicourt) ;

5° Dans les marnes supérieures à *Posidonies* (Frénoy près Montmédy, Petit-Verneuil).

Les nodules ont des dimensions très variables ; ils sont quelque fois plus gros que le poing. Tantôt ils sont en place, incrustés dans la roche ; tantôt ils se trouvent épars à la surface du sol. C'est le quatrième niveau qui nous a paru jusqu'à présent être le plus régulier et le plus abondant, sans toutefois pouvoir devenir le siège d'une exploitation avantageuse.

Voici quelle est la teneur en acide phosphorique des nodules de diverses provenances :

1. Nodules de Floing (1er niveau) . . . . . . 20,10 p. 100.
2. Nodules en place de Moiry (2e niveau) . . . . 13,67 »
3. Nodules remaniés (même provenance) . . . . 11,18 »
4. Nodules de Romery (2e niveau) . . . . . . . . 12,03 »
5. Nodules du Temple (2e niveau) . . . . . . . . 21,12 »
6. Nodules de Mohon (3e niveau) . . . . . . . . 20,05 »
7. Nodules en place de Pont-Maugis (4e niveau) . 9,93 »
8. Nodules remaniés (même provenance) . . . . 20,75 »
9. Nodules d'Aillicourt (4e niveau) . . . . . . 12,63 »
10. Nodules de Thélonne (4e niveau) . . . . . . 19,83 »
11. Nodules de Frénoy (5e niveau) . . . . . . 22,68 »
12. Nodules de la même provenance. . . . . . . 19,84 »

L'analyse, exécutée sur les échantillons Nos 2, 3, 7 et 8, nous a donné les résultats suivants :

| | 2 | 3 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|
| Perte au feu . . . . . . . . | 21.00 | 11,50 | 20,05 | 8,50 p. 100. |
| Sable et argile . . . . . . . . | 14,30 | 41,54 | 19,20 | 24,92 » |
| Acide phosphorique . . . . . | 13,67 | 14,58 | 9,93 | 20,75 » |
| Acide sulfurique . . . . . . . | 0,30 | 0,35 | » | 0,28 » |
| Alumine . . . . . . . . . . | 3,70 | 3,06 | 6,20 | 5,65 » |
| Peroxyde de fer . . . . . . . | 3,92 | 7,86 | 8,30 | 4,16 » |
| Chaux . . . . . . . . . . . | 40,00 | 19,60 | 34,10 | 33,60 » |
| Magnésie . . . . . . . . . . | 0,35 | 0,15 | 0,10 | 0,81 » |
| | 97,24 | 98,98 | 97,88 | 98,67 » |

Nous avons constaté en outre dans ces nodules la présence du fluor et de l'azote.

Si on laisse de côté le phosphate de chaux, les nodules du lias présentent à peu près la même composition que la masse encaissante; ils sont en effet calcaires et laissent comme résidu, après l'attaque par un acide faible, du sable blanc micacé, ou de l'argile sableuse. Nous avons déjà fait la même remarque au sujet des phosphates fossiles du terrain crétacé : ainsi les nodules des sables verts renferment de l'argile, du sable vert, de la glauconie et des

grains ferrugineux ; ceux de la craie sont plus homogènes et contiennent quelquefois des fragments de gaize empâtés ; ceux de la craie blanche sont composés presque exclusivement de phosphate de chaux et de carbonate de chaux. Tous ces faits conduisent à cette conclusion : que les nodules phosphatés ne sont autre chose que des portions du terrain qui les contient, agglomérées par un ciment phosphaté. Nous ajouterons que la présence constante d'une matière organique azotée nous fait supposer que le phosphate servant de matière agglutinante a dû passer préalablement par la vie animale.

3° *Phosphates fossiles de Grandpré.* — Échantillons de nodules phosphatés en poudre provenant des *sables verts* de Grandpré, vendus par M. Desailly.

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique . . . . . . . . . . . . | 16,20 p. 100. |
| Phosphate tricalcique correspondant. . . . . | 35,35 » |

Par la méthode d'analyse commerciale, on trouve 45,50 de phosphate, c'est-à-dire 8,15 de plus que par la méthode rigoureuse.

## § 2. — Calcaires et marnes.

1° *Pierre morte du Barrois.* — Dans l'arrondissement de Bar-le-Duc, on trouve, à la partie supérieure du terrain portlandien, une pierre dure, verdâtre, connue dans le pays sous le nom de *Pierre-Morte*, en couches de $1^m$ à $1^m,50$ d'épaisseur. Cette roche, signalée par M. Buvignier dans sa *Statistique géologique du département de la Meuse*, page 385, n'est autre chose qu'une dolomie impure.

Voici quelle est la composition de divers échantillons de pierre morte :

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Sable argileux et oxyde de fer.. | 3,00 | 4,80 | 5,00 |
| Carbonate de chaux. . . . . | 58,63 | 57,78 | 71,94 |
| Carbonate de magnésie. . . . | 38,37 | 37,42 | 23,06 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

1) Carrière de Couvertpuits, banc N° 1.
2) Id. N° 2.
3) Carrière de Combles.

Cette substance nous paraît propre à la fabrication du pisé dont on se sert pour le revêtement intérieur des cornues dans le procédé basique de déphosphoration des fontes.

2° *Calcaire du fullers-earth.* — Calcaire coquillier très dur, exploité à la base du fullers-earth à Sapogne-Feuchères.

| | |
|---|---|
| Perte au feu. . . . . . . . . . . . . | 42,10 |
| Argile et sable. . . . . . . . . . . | 4,24 |
| Oxyde de fer. . . . . . . . . . . . | 4,30 |
| Chaux. . . . . . . . . . . . . . . . | 49,09 |
| Magnésie. . . . . . . . . . . . . . | 0,24 |
| Acide phosphorique. . . . . . . . | 0,03 |
| Acide sulfurique . . . . . . . . . | » |
| | 100,00 |

Ce calcaire est employé pour former la sole des fours à puddler dans la forge de la Val-Dieu, près de Monthermé. Comme il ne contient que très peu de phosphore et pas de soufre, il convient parfaitement pour cet usage.

3° *Marnes de l'Oxford-Clay.* — Échantillon provenant d'un

puits de 28 mètres de profondeur, creusé à la ferme de Géromont. Envoi de M. Lahoussay.

1). Argile calcaire de la partie supérieure de l'Oxford-Clay, formant le fond du puits.

2). Marne, à 25 mètres de profondeur. Cette marne est recouverte par un calcaire dur bleuâtre, puis par du calcaire à polypiers, appartenant au Coral-rag.

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Eau et matières organiques . . | 10,20 | 7,30 |
| Acide carbonique . . . . . . | 11,64 | 27,06 |
| Sable et argile . . . . . . . | 60,88 | 30,50 |
| Alumine et oxyde de fer . . . | 3,00 | 1,80 |
| Chaux . . . . . . . . . . . | 12,58 | 31,92 |
| Magnésie . . . . . . . . . . | 1,08 | 0,97 |
| Acide sulfurique. . . . . . . | 0,44 | 0,37 |
| Acide phosphorique . . . . . | 0,18 | 0,08 |
| | 100,00 | 100,00 |

Si on calcine cette roche, on y trouve :

| | | |
|---|---|---|
| Acide sulfurique. . . . . . | 1,97 | 1,46 |

En déduisant l'acide sulfurique dosé ci-dessus, il reste :

| | | |
|---|---|---|
| . . . . . . . . . . . . . . | 1,53 | 1,08 |
| Soufre correspondant . . . . | 0,627 | 0,443 |

Ce soufre est très probablement combiné au fer pour former de la pyrite. Les deux roches contiendraient ainsi :

| | | |
|---|---|---|
| Pyrite de fer . . . . . . . | 1,254 | 0,886 |

La pyrite est d'ailleurs intimement disséminée dans un grand nombre de roches du terrain jurassique des Ardennes. Souvent on l'aperçoit à l'œil nu.

## § 3.— Divers.

1° *Terres de Roizy*.— Le territoire de Roizy (arrondissement de Rethel), comprend trois sortes de terres : des terres blanches crayeuses, des terres argilo-sableuses rougeâtres, à fragments crayeux, et des terres tourbeuses. La craie forme partout le sous-sol.

Voici quelle est la composition de quatre échantillons de ces terres, envoyées au laboratoire de Mézières par M. Sureau, cultivateur à Roizy.

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Eau hygrométrique | 29,50 | 10,20 | 29,10 | 51,00 |
| Pierres et débris végétaux | 31,00 | 14,25 | 37,00 | 13,00 |
| Terre fine | 39,50 | 75,55 | 33,90 | 36,00 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Analyse de la terre fine séchée à 100 degrés.

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Eau combinée et matières organiques | 7,50 | 6,70 | 12,50 | 32,90 |
| Résidu insoluble dans l'acide nitrique | 32,80 | 74,50 | 30,50 | 21,80 |
| Oxyde de fer et alumine | 2,30 | 2,10 | 2,70 | 2,20 |
| Chaux | 31,40 | 8,90 | 29,76 | 22,08 |
| Magnésie | 0,65 | 0,40 | 0,42 | 0,35 |
| Potasse | 0,03 | 0,10 | 0,05 | 0,09 |
| Acide sulfurique | 0,04 | 0,03 | 0,10 | 0,28 |
| Acide phosphorique | 0,17 | 0,14 | 0,18 | 0,34 |
| Acide carbonique et matières non dosées | 25,11 | 7,13 | 23,79 | 19,96 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Azote | 0,24 | 0,16 | 0,53 | 1,41 |

1). Terre crayeuse. — Les pierres sont des fragments crayeux ; il n'y a que de rares débris végétaux.

2). Terre argilo-sableuse avec fragments crayeux ; peu de débris végétaux. Cette terre est considérée comme la meilleure du territoire.

3). Terre tourbeuse avec fragments de craie et quelques coquilles terrestres.

4). Terre semblable à la précédente, mais encore plus tourbeuse. Malgré la présence du carbonate de chaux, il serait nécessaire de chauler ces terres pour les mettre en culture.

Nous devons faire remarquer que les chiffres donnés ci-dessus pour l'azote représentent non-seulement celui qui est engagé dans une combinaison organique, mais encore l'azote à l'état d'acide nitrique ou d'ammoniaque.

### 2° *Engrais.*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eau hygrométrique . . . . . . . . | 1,50 | 15,00 | 18,10 | 15,50 | 13,00 | 18,25 |
| Matières volatiles (au rouge sombre). | 31,35 | 23,00 | 15,15 | 24,22 | » | » |
| Sable et argile . . . . . . . . . . | 14,50 | 8,50 | 26,30 | 7,70 | » | » |
| Acide phosphorique soluble . . . . | 2,75 | 8,00 | 9,96 | 11,84 | 5,60 | 5,20 |
| Id. rétrogadé . . . | 3,00 | 6,40 | » | 0,64 | » | » |
| Id. insoluble. . . . | 1,93 | 1,28 | 0,89 | 2,88 | » | » |
| Azote. . . . . . . . . . . . . . | 4,60 | 3,68 | 0,98 | 3,78 | 6,50 | 4,65 |

1). Phospho-guano employé par M. Samson, dans sa ferme de la Berlière.

2). Phospho-guano de la manufacture de Javel, vendu avec garantie de 2,50 p. 100 d'azote, 11,50 d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'amoniaque (acide soluble et rétrogradé) et 15 d'acide phosphorique total. Les résultats de l'analyse confirment ces chiffres.

3). Phospho-guano anglais dans lequel les vendeurs garantissent 1,23 p. 100 d'azote et 12,30 d'acide phosphorique soluble et assimilable de la matière sèche. Si on transforme les résultats donnés ci-dessus, en supposant la matière séchée à 100 degrés,

on voit que les chiffres garantis sont à peu près atteints, car on trouve 1,19 d'azote et 12,16 d'acide phosphorique soluble.

4). Autre échantillon de la manufacture de Javel. La composition de cet échantillon diffère surtout de celle du N° 2 par une plus forte proportion d'acide phosphorique soluble, ce qui tient sans doute à ce qu'il était, au moment de l'analyse, de fabrication plus récente et que par suite la rétrogradation était moins avancée.

5, 6). Engrais employé par M. Lahoussay, à Géromont. La plus grande partie de l'azote est à l'état de nitrate de soude. La teneur indiquée par les vendeurs est exactement réalisée.

Il est certain que le commerce des engrais se fait actuellement avec beaucoup plus d'honnêteté qu'autrefois. Les laboratoires départementaux, en permettant aux cultivateurs de faire contrôler rapidement et gratuitement les produits qu'ils achètent, ont rendu les fraudes plus difficiles.

3° *Tourteaux.*— Échantillons de tourteaux destinés à l'alimentation du bétail, remis au laboratoire par M. Bourguin, cultivateur à la Warenne, près de Mézières.

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Cendres . . . . . . . . . . . | 5,50 | 5,00 p. 100. |
| Azote . . . . . . . . . . . . | [illegible] | 5,01 » |
| Substance protéique . . . . . | 23,87 | 31,31 » |

1). Tourteaux de maïs.

2). Tourteaux de coton.

On voit qu'on obtient la substance protéique en multipliant le chiffre de l'azote par 6,25. Les tourteaux de coton ont donc un pouvoir nutritif plus élevé que ceux de maïs.

4° *Sulfate d'ammoniaque.* — Échantillon de sulfate d'ammoniaque pour l'agriculture, fabriqué à l'usine à gaz de Charleville.

| | |
|---|---|
| Matières insolubles dans l'eau . . . . . | 0,75 |
| Résidu de la calcination . . . . . . . | 1,25 |
| Azote . . . . . . . . . . . . . . . | 20,47 |
| Ammoniaque correspondant . . . . . . | 24,85 |

## VIII. — LABORATOIRE DE PAU.

Travaux de M. GENREAU, ingénieur des mines (Extrait).

1° *Minerais de zinc de Bartèque.* — Divers échantillons de blende provenant de recherches exécutées dans le quartier de Bartèque, de la commune de Laruns, par la Société minière des Pyrénées, ont été examinés au laboratoire à l'effet de déterminer leur teneur moyenne. Le filon de Bartèque est encaissé dans des calcaires qui appartiennent au terrain de transition; sa gangue est de spath calcaire, avec des parties quartzeuses; la blende y est toujours grenue, généralement brune, compacte et isolée de la gangue, mais parfois aussi de couleur blonde et intimement mélangée avec cette gangue. Trois échantillons différents ont été examinés et ont donné les résultats suivants :

Blende brune, grenue, massive, sans apparence de gangue :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Fer | 0gr.,054, | ce qui correspondrait à : | 0gr.,118 de sulfure de fer. |
| Zinc | 0gr.,616, | id. | 0gr.,920 de sulfure de zinc. |

Blende mélangée de gangue (échantillon moyen).

Fer 0gr.,055, ce qui correspondrait à : 0gr.,120 de sulfure de fer.
Zinc 0gr.,548, id. 0gr.,818 de sulfure de zinc.

Gangue calcaire et quartzeuse.

Blende blonde en mélange intime avec une gangue calcaire :

Fer 0gr.,0409, ce qui correspondrait à : 0gr.,0894 de sulfure de fer.
Zinc 0gr.,511, id. 0gr.,763 de sulfure de zinc.
Gangue. . . . . . . . . . . . . . 0gr.,147.

Le filon de blende de Bartèque renferme, par places, de rares plaquettes de cuivre gris argentifère; dans certaines parties, la pyrite de fer s'isole très nettement de la blende en formant des veines parallèles à celles de blende.

2° *Minerais de zinc des mines d'Arre et de Coutres.* — On a examiné, en même temps que les minerais de Bartèque, deux échantillons de blende massive provenant de la région pyrénéenne, mais d'une texture lamellaire et non grenue, qui leur donne un aspect très différent de celui de la blende de Bartèque. L'un de ces échantillons provenait de la concession d'Arre (Basses-Pyrénées), l'autre de la mine de Coutres (Hautes-Pyrénées), c'est-à-dire de filons également encaissés dans le terrain de transition, dans des conditions comparables de gisement. Ils ont paru renfermer une proportion plus forte de fer, comme l'indiquent les résultats suivants :

Blende massive et lamellaire de la mine d'Arre.

Fer 0gr.,0608, ce qui correspondrait à : 0gr.,132 de sulfure de fer.
Zinc 0gr.,618 id. 0gr.,915 de sulfure de zinc.

Blende massive et lamellaire de la mine de Coutres.

Fer 0gr.,0915, ce qui correspondrait à : 0gr.,200 de sulfure de fer.
Zinc 0gr.,56 id. 0gr.,836 de sulfure de zinc.

## IX. — LABORATOIRE DE L'ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE.

**Travaux de M. MEURGEY, ingénieur des mines (EXTRAIT).**

### § 1er.— COMBUSTIBLES.

1° et 2° *Anthracites* des mines de Calizzano et Osiglia, province de Gênes (Italie). Ces anthracites ont la couleur de la plombagine ; le N° 1 est lamelleux et le N° 2 grenu.

| | N° 1. | N° 2. |
|---|---|---|
| Carbone | 80,00 | 72,00 |
| Matières volatiles | 9,00 | 8,00 |
| Cendres blondes | 11,00 | 20,00 |
| | 100,00 | 100,00 |
| Soufre | 0,28 p. 100 | 0,18 p. 100 |
| Pouvoir calorifique (celui du carbone pur étant pris pour unité) | 0,794 | 0,669 |
| *Composition des Cendres.* | | |
| Silice | 58,50 | 75,00 |
| Sesquioxyde de fer | 12,00 | 12,50 |
| Alumine | 20,75 | 7,50 |
| Chaux | 5,50 | 3,10 |
| Magnésie | 1,85 | 1,50 |
| Manganèse | Traces | Faibles traces |
| Potasse, soude et pertes | 1,40 | 0,40 |
| Totaux | 100,00 | 10,000 |

3° et 4° *Lignites* des mines de Calizzano, province de Gênes (Italie). — Essai pour gaz. — Distillation à la cornue en fonte.

| | N° 1. | N° 2. |
|---|---|---|
| Pour 100 kilogrammes de lignite, gaz.......... | $28^{m^3},00$ | $28^{m^3},50$ |
| Pression barométrique au moment du mesurage ... | 710 mm | 710 mm |
| Température id. id. ...... | + 10° | + 10° |
| Volume du gaz à pression de 760mm et température 0° | $25^{m^3},89$ | $25^{m^3},82$ |
| Coke (friable), pour 100 de lignite............... | 46,00 | 46,50 |
| Goudron id. id. ................ | 6,00 | 6,00 |
| Cendre id. id. ................ | 5,30 | 5,58 |
| Cendre pour 100 de coke..................... | 11,50 | 12,00 |

Ces lignites sont d'un beau noir, se divisent en feuilles, et ont beaucoup d'analogie, comme aspect, avec certaines houilles à gaz.

5° *Houille* du puits de la Chana (Société des mines de la Loire), à Saint-Étienne. — Essai pour gaz. — Distillation à la cornue en fonte.

Gaz produit par 100 kilogrammes de houille. . $27^{m^3},50$

Le gaz a été mesuré sous la pression de 710mm et à la température de + 15°

| | | |
|---|---|---|
| Coke produit . . . . . . . . . . . . . . . | 78,00 | p. 100. |
| Matières volatiles. . . . . . . . . . . . . | 27,00 | » |
| Goudron . . . . . . . . . . . . . . . . . | 5,10 | » |
| Cendre de la houille . . . . . . . . . . . | 16,79 | » |
| Cendre du coke . . . . . . . . . . . . . . | 28,00 | » |

Le pouvoir éclairant du gaz est bon. Cette houille peut être classée parmi les houilles à gaz.

6° *Tourbe* des environs de Chambéry. — Essai principalement pour gazogène.— Distillation à la cornue en fonte.

| | |
|---|---|
| Gaz produit pour 100 kilogr. de tourbe . . . | $29^{m^3},50$ |

Le mesurage du gaz a été fait sous la pression de $714^{mm}$ et température + 14°.

| | |
|---|---|
| Coke produit . . . . . . . . . . . . . . . | 54,50 p. 100. |
| Matières volatiles. . . . . . . . . . . . . | 45,50 » |
| Goudron . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4,00 » |
| Eaux ammoniacales . . . . . . . . . . . | 10,00 » |
| Cendre de la tourbe. . . . . . . . . . . | 20,00 » |
| Cendre du coke . . . . . . . . . . . . . . | 37,00 » |
| Pouvoir calorifique trouvé par la litharge. . | 0,500 |

L'essai a été fait sur la tourbe desséchée à 110°.

A cette température elle a perdu 14 p. 100 d'eau.

| | |
|---|---|
| Le carbone fixe est de . . . . . . . . . . | 34,50 p. 100. |

Cendres de cette tourhe.

| | |
|---|---|
| Silice. . . . . . . . . . . . . . . . | 47,00 |
| Chaux . . . . . . . . . . . . . . . | 14,20 |
| Sesquioxyde de fer. . . . . . . . . . | 11,50 |
| Alumine . . . . . . . . . . . . . . | 18,50 |
| Magnésie . . . . . . . . . . . . . . | 1,63 |
| Manganèse. . . . . . . . . . . . . | traces. |
| Acide sulfurique . . . . . . . . . . | 6,74 |
| Acide phosphorique. . . . . . . . . | 0,43 |
| Total . . . . . . | 100,00 |

7° *Menu d'anthracite* des mines de La Motte d'Aveillans (Isère) :

| | |
|---|---|
| Matières volatiles . . . . . . . . . . | 10,00 p. 100. |
| Coke en poussière. . . . . . . . . . . | 90,00 » |
| Cendre. . . . . . . . . . . . . . . . | 20,00 » |
| Carbone fixe . . . . . . . . . . . . . | 70,00 » |
| Soufre . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,686 » |
| Pouvoir calorifique trouvé par la litharge | 0,704 |

## § 2. — Minerais, métaux, etc.

1° *Mattes nickélifères* provenant de l'usine de MM. Bonin et Arnaud, à Turin (Italie).

| | MATTE N° 1. | MATTE N° 2 (2e Fusion). |
|---|---|---|
| Fer | 65,10 | 64,75 |
| Soufre | 29,15 | 27,85 |
| Nickel | 4,85 | 6,00 |
| Cuivre | 0,55 | 0,80 |
| Carbone | traces. | traces. |
| Silices et silicates | 0,50 | 0,60 |
| Total | 100,15 | 100,00 |

Ces mattes sont produites par des pyrites nickélifères pauvres des environs de Turin.

2° et 3° *Échantillons de zinc* pour la manufacture nationale d'armes de Saint-Étienne (Loire).

| | ZINC reçu. | ZINC à l'essai. |
|---|---|---|
| Zinc | 95,77 | 93,37 |
| Plomb | 1,24 | 2,78 |
| Étain | 2,31 | 3,05 |
| Antimoine | 0,28 | 0,05 |
| Cuivre | 0,05 | traces. |
| Fer | 0,40 | 0,75 |
| Soufre | faibles traces. | 0,00 |
| Arsenic | faibles traces. | traces |
| Totaux | 100,00 | 100,00 |

D'après leur composition, ces zincs paraissent être du vieux zinc refondu.

4° et 5° *Echantillons de cuivre* pour la même usine.

| | CUIVRE N° 1. | CUIVRE N° 2. |
|---|---|---|
| Cuivre | 99,762 | 99,518 |
| Plomb | 0,058 | 0,155 |
| Fer | 0,015 | 0,012 |
| Antimoine | 0,165 | 0,315 |
| Soufre | faibles traces. | traces. |
| Arsenic | faibles traces. | faibles traces. |
| Totaux | 100,000 | 100,000 |

Ces cuivres sont d'une pureté remarquable; mais le N° 1 est préférable au N° 2, qui contient le double d'antimoine.

6° *Bronzes* fabriqués par M. Serre, fondeur à Saint-Étienne (Loire).

| | BRONZE | |
|---|---|---|
| | pour pignons. | pour crapaudines. |
| Cuivre | 81,10 | 77,70 |
| Étain | 6,80 | 11,20 |
| Plomb | 6,00 | 3,50 |
| Zinc | 5,60 | 6,80 |
| Fer | 0,50 | 0,80 |
| Antimoine | 0,00 | traces. |
| Totaux | 100,00 | 100,00 |

7° *Minerai de manganèse* des environs de Calizzano, province de Gênes (Italie).

| | |
|---|---|
| Bioxyde de manganèse . . . . . . . | 63,27 |
| Sesquioxyde de fer. . . . . . . . . | 4,00 |
| Chaux . . . . . . . . . . . . . . . | 14,30 |
| Silice et argile. . . . . . . . . . . | 4,00 |
| Eau et acide carbonique . . . . . . | 14,43 |
| Total . . . . . . | 100,00 |

Ce minerai était de couleur noire, très friable et spongieux. Les quantités de bioxyde de manganèse et de sesquioxyde de fer répondent à :

| | |
|---|---|
| Manganèse (métal) . . . . . . . . . | 40,03 p. 100. |
| Fer (métal) . . . . . . . . . . . . | 2,80 » |

8° *Galène* des environs d'Osiglia (Italie).

| | |
|---|---|
| Galène pure. . . . . . . . . . . . . | 47,66 |
| Pyrite de fer . . . . . . . . . . . | 27,38 |
| Argent. . . . . . . . . . . . . . . | 0,11 |
| Silice. . . . . . . . . . . . . . | 24,85 |
| Total . . . . . . | 100,00 |

A l'essai par voie sèche cette galène a donné :

| | |
|---|---|
| Plomb . . . . . . . . . . . . . . | 33,33 p. 100. |

Ce qui a produit, en argent, 3kg.,300 par 100 kilog. de plomb.

## § 3. — Calcaires.

1° à 7° *Calcaires* des carrières de MM. Ravel et Nier, à Cruas (Ardèche).

| | N° 1. | N° 2. | N° 3. | N° 4. | N° 5. | N° 6. | N° 7. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chaux | 48,50 | 47,95 | 48,47 | 41,40 | 46,00 | 48,60 | 46,75 |
| Argile et un peu de sable fin. | 11,67 | 13,77 | 13,00 | 21,70 | 15,75 | 12,60 | 15,50 |
| Protoxyde de fer | 0,33 | 0,33 | 0,25 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 0,50 |
| Manganèse | faibles traces. | faibles traces. | 0,00 | traces. | traces. | faibles traces. | faibles traces. |
| Magnésie | traces. | 0,40 | 0,28 | 0,80 | 0,25 | 0,40 | traces. |
| Eau et acide carbonique | 39,50 | 37,55 | 38,00 | 35,10 | 37,00 | 37,90 | 37,25 |
| Totaux | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

De tous ces calcaires, c'est le N° 4 qui doit donner la chaux hydraulique de meilleure qualité.

8° et 9° *Calcaires* de la carrière de M. Guilhot, à Retournac (Haute-Loire).

| | | N° 1. | N° 2. |
|---|---|---|---|
| Carbonates de | Chaux | 73,15 | 81,77 |
| | Fer | 3,10 | 2,72 |
| | Manganèse | 1,10 | 0,50 |
| | Magnésie | traces. | 0,00 |
| Argile | Alumine | 7,15 | 6,20 |
| | Silice | 14,50 | 6,50 |
| Eau | | 1,00 | 2,31 |
| | Totaux | 100,00 | 100,00 |

Le calcaire N° 1 est un calcaire limite passant au calcaire à ciment ; le calcaire N° 2 est un calcaire hydraulique ordinaire.

## § 4. — Eaux.

1° *Eau sortant d'anciennes galeries de mine de houille*, près de Saint-Jean-Bonnefond, au-dessous du Grand-Cimetière (Saint-Étienne, Loire).

Par évaporation à 100 degrés, un litre a donné un résidu de 5gr.,20 ayant la composition ci-après :

| | Pour un litre d'eau. grammes. |
|---|---|
| Alumine | 0,64 |
| Chaux | 0,44 |
| Magnésie | traces. |
| Sesquioxyde de fer | traces. |
| Protoxyde de manganèse | 0,185 |
| Potasse | traces. |
| Soude | 0,010 |
| Acide sulfurique | 2,830 |
| Chlore | 0,015 |
| Silice | 0,040 |
| Eau de combinaison | 0,950 |
| Pertes ou corps non dosés | 0,140 |
| Total | 5,200 |

Les corps ci-dessus dosés répondent à :

| | |
|---|---|
| Sulfate d'alumine | 2,110 |
| Sulfate de chaux | 1,060 |
| Sulfate de protoxyde de manganèse | 0,273 |
| Chlorure de sodium | 0,025 |
| Sulfate de potasse | traces. |
| Acide sulfurique libre ou à l'état de bisulfate | 0,257 |

2° *Eau minérale gazeuse* de la source de la Réveille, à Sauxillanges, près d'Issoire (Puy-de-Dôme).

| | Pour un litre d'eau. |
|---|---|
| | gr. |
| Eau pure | 995, 698 |
| Bicarbonate de soude | 2, 545 |
| Bicarbonate de magnésie | 0, 230 |
| Carbonate de fer | 0, 167 |
| Carbonate de chaux | 0, 314 |
| Sulfate de potasse | 0, 066 |
| Chlorure de sodium | 0, 065 |
| Acide carbonique libre, en dissolution dans l'eau | 0, 915 |
| Total | 1000, 00 |

Cette eau a donné, par évaporation, un résidu de 3gr.,387 par litre; elle est très agréable à boire pendant les repas.

## § 5. — Divers.

1° et 2° *Tartrifuges* employés par M. Maisonville, à Grenoble (Isère).

| | TARTRIFUGE Morel. | ATARTRITE Lescornel. |
|---|---|---|
| Carbonate de soude | 48,86 | 21,56 |
| Soude caustique | 16,80 | 4,37 |
| Chaux | traces. | traces. |
| Sulfate de soude | 7,69 | 19,42 |
| Chlorure de sodium | 8,40 | 0,20 |
| Résidu insoluble dans l'eau | 1,25 (1) | 3,60 (2) |
| Eau hygrométrique et de combinaison | 17,00 | 50,80 |
| Totaux | 100,00 | 99,95 |

(1) Presque exclusivement siliceux.

(2) Ayant pour composition :

| | |
|---|---|
| Alumine | 1, 90 |
| Sesquioxyde de fer | 0, 70 |
| Silice | 1, 00 |
| | 3, 60 |

Ces tartrifuges sont employés dans des chaudières alimentées avec des eaux contenant beaucoup de carbonate de chaux et de sulfate de chaux.

3° *Echantillon de soude* présenté par M. Vernet, entrepreneur du blanchissage militaire, à Saint-Étienne.

| | |
|---|---|
| Carbonate de soude. . . . . . . . . . | 89,34 |
| Sulfate de soude . . . . . . . . . . . | 9,54 |
| Chlorure de sodium. . . . . . . . . . | 0,82 |
| Oxyde de fer . . . . . . . . . . . . | traces. |
| Eau totale. . . . . . . . . . . . . . | 0,30 |
| Total . . . . . . . . . | 100,00 |

Cette soude était analogue à celle employée dans les verreries pour la fabrication du verre blanc.

A l'essai alcalimétrique elle a marqué 54 degrés.

4° à 9° *Savons blancs* remis par M. Granotier, teinturier aux Grandes-Molières, Valbenoîte (St-Étienne). — 6 échantillons, dont 5 à essayer, le 6° étant le savon blanc, type de Marseille frais.

| | N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 4 | N° 5 | SAVON BLANC type. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Graisse molle . . . . . . . . | 62,00 | 59,30 | 66,50 | 66,40 | 71,00 | 50,20 |
| Soude . . . . . . . . . . . . . . | 5,00 | 5,30 | 6,00 | 5,88 | 6,00 | 4,60 |
| Eau totale . . . . . . . . . . | 33,00 | 35,40 | 27,50 | 27,72 | 23,00 | 45,20 |
| Totaux. . . . . . . | 100,00 | 1 0,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

10° à 12° *Incrustations des chaudières à vapeur* de l'usine de MM. Giron et Cie, fabricants de velours à Saint-Étienne, près l'École des Mineurs.

| | DÉPÔT en plaques minces contre la chaudière. | DÉPÔT en masses lamellaires détaché de la chaudière. | ROGNONS spongieux gras flottants. |
|---|---|---|---|
| Carbonate de chaux ..................... | 66,72 | 33,15 | 11,20 |
| Sulfate de chaux......................... | 13,33 | 38,66 | 0,55 |
| Carbonate de magnésie.................. | 8,40 | 4,10 | 1,70 |
| Peroxyde de fer ......................... | 2,25 | 4,10 | 1,80 |
| Alumine facilement soluble dans l'eau acidulée. | traces. | traces. | traces. |
| Silice et argile.......................... | 5,90 | 9,00 | 2,50 |
| Graisse (suif) ........................... | traces. | traces. | 69,25 |
| Eau de combinaison....................... | 3,40 | 10,99 | 6,00 |
| Eau hygrométrique........................ | traces. | traces. | 7,00 |
| Totaux............ | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Une grande partie de l'eau employée pour les chaudières est de l'eau de condensation de la machine motrice de l'usine.

13° et 14° *Echantillons de soudes* pris dans les magasins de la verrerie Vve Crine et Bertholon, au Mont, près Saint-Étienne.

| | CARBONATE DE SOUDE | |
|---|---|---|
| | des fûts Nos 395, 401 et 403. | du fût No 402. |
| Carbonate de soude, avec un peu de sulfate de soude et de chlorure de sodium.... | 83,60 | 97,54 |
| Chaux avec traces d'oxyde de fer ....... | 1,40 | 0,46 |
| Perte au feu : eau et acide carbonique du carbonate de chaux et des bicarbonates. | 15,00 | 2,00 |
| Totaux............ | 100,00 | 100,00 |

La soude des trois premiers fûts est de beaucoup inférieure à celle du fût N° 402, ce qui a fait manquer plusieurs fontes de verre.

15° et 16° *Verre* obtenu avec la soude des fûts N$^{os}$ 395, 401 et 403 et du sable de Fontainebleau.— La fonte du verre, ayant été incomplète, a donné du verre transparent et çà et là des masses agglomérées blanches.

| | PARTIE BLANCHE mal fondue | PARTIE FONDUE transparente |
|---|---|---|
| Silice | 92,00 | 67,50 |
| Soude (NaO) | 3,58 | 18,55 |
| Chaux | 3,30 | 11,50 |
| Alumine et faibles traces d'oxyde de fer | 1,00 | 2,10 |
| Magnésie | 0,12 | 0,35 |
| Totaux | 100,00 | 100,00 |

17° *Boues* de la Grande-Rue du Coteau (Roanne, Loire).—Cette rue est suivie dans toute sa longueur (1 kilomètre) par les voitures qui font le transport des pyrites de Sainbel, de la gare du Coteau au port du canal latéral à la Loire; le tonnage transporté quotidiennement a varié de 200 à 300 tonnes, ce qui a exigé 135 à 200 voyages d'une charrette; le nombre total des voitures d'autre nature est de 600 par jour. Les habitants se sont plaints à plusieurs reprises des propriétés malfaisantes de la boue et surtout de la poussière, notamment après des variations de pluie et de soleil.

D'après M. Baroulier (essai de juin 1878), 100 grammes de boue sèche, traitée par l'eau tiède, ont donné une liqueur franchement acide, contenant 1 gramme de sulfate de protoxyde et sesquioxyde de fer et 0$^{gr.}$,65 d'acide sulfurique libre, en total

1gr.,175 d'acide sulfurique ; la partie insoluble était composée d'environ 60 p. 100 de pyrite en poudre et de 40 p. 100 de sable et d'argile, pas trace d'arsenic.

D'après M. Meurgey (essais de septembre 1878), de la poussière recueillie après quinze jours de sècheresse a donné, au traitement par l'eau froide ou bouillante, une liqueur neutre et ne contenant que des traces de sulfates solubles ; cette poussière était pourtant très pyriteuse.

D'après le même (essais de décembre suivant), de la boue, séchée rapidement à 95 degrés, a donné, au traitement par l'eau froide ou bouillante, une liqueur neutre encore, mais contenant pour 100 gr., 0gr.,150 à 0gr.,160 d'acide sulfurique à l'état de sulfate de fer, surtout de protoxyde ; cette boue était extrêmement pyriteuse.

La plainte des habitants du Coteau n'a pas paru fondée.

---

## X.— LABORATOIRE DE TROYES.

---

Travaux de M. PESTELARD, garde-mines principal (EXTRAIT).

---

1° *Échantillons de pain et de farine* envoyés par M. le Préfet de l'Aube pour être examinés.

*a*. *Pain* de couleur gris-jaunâtre, paraît être fabriqué avec un mélange de son et de farines diverses. Il renferme :

| | | |
|---|---|---|
| Eau hygrométrique. . . . . . . . | 44,00 | p. 100. |
| Matières minérales après incinération. | 1,00 | » |
| Azote. . . . . . . . . . . . . . . | 0,89 | » |

*b. Farine.* — Mélange de farines d'orge, de seigle et de blé, contenant :

| | |
|---|---|
| Eau hygrométrique. . . . . . . . | 15,00 p. 100. |
| Gluten à l'état humide. . . . . . . | 4,00 » |
| Matières minérales après incinération. | 1,10 » |
| Son, extrait au tamis de soie. . . . | 22,00 » |

D'après la nature et la quantité de gluten obtenu, on peut conclure que la farine de froment n'entrait dans ce mélange que pour environ 16 p. 100.

2° *Lignite* provenant des environs de Murlo (Italie), envoyé par M. Degoutte, chef de dépôt au chemin de fer de l'État.

| | |
|---|---|
| Eau hygrométrique . . . . . . . . . | 15,20 |
| Matières volatiles (eau déduite) . . . . | 23,80 |
| Carbone fixe . . . . . . . . . . . . | 42,00 |
| Cendres . . . . . . . . . . . . . | 9,00 |
| | 100,00 |

Litharge réduite : 14,60.

| | | |
|---|---|---|
| Pouvoir calorifique équivalent au carbone . . . . | | 0,420 |
| Id. | id. aux matières volatiles | 0,009 |
| Pouvoir calorifique total . . . . . . . . . . . . | | 0,429 |

On a fait avec ce lignite quelques essais pour le chauffage des locomotives et on a reconnu qu'il fallait consommer le double en poids de ce lignite pour obtenir la même quantité d'eau vaporisée qu'avec une houille de bonne qualité.

3° *Engrais.*

*a.* Échantillon envoyé par M. Caillot, propriétaire à Payns.

*b.* Échantillon envoyé par M. Collot, propriétaire à Savières.

*c.* Échantillon envoyé par M. Deheurles, propriétaire à Romilly-sur-Seine.

*d.* Échantillon envoyé par M. Michel, propriétaire à Saint-Parres-les-Tertres, qui demande sa composition et sa valeur.

| | *a* | *b* | *c* | *d* |
|---|---|---|---|---|
| Eau hygrométrique | 22,00 | 20,00 | 24,00 | 14,20 |
| Matières organiques | 25,50 | 26,50 | 25,30 | 40,15 |
| Acide phosphorique assimilable | 7,00 | 8,10 | 7,50 | » |
| Id. à l'état tribasique | 3,00 | 2,50 | 2,20 | 19,30 |
| Sable et argile | 20,00 | 17,00 | 17,60 | 7,00 |
| Chaux combinée et sulfate de chaux | 22,50 | 25,90 | 23,40 | » |
| Carbonate de chaux, etc | » | » | » | 19,35 |
| Totaux | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Azote | 1,75 | 1,80 | 1,69 | 3,25 |

L'engrais N° 4 est composé de débris de cornes, de crins et de matières organiques, lentement ou peu assimilables.

4° *Dépôt de chaudière à vapeur*, envoyé par M. Evrard, propriétaire et fabricant de bonneterie, à Troyes.

| | |
|---|---|
| Sable et argile | 5,10 |
| Matières organiques | 2,50 |
| Carbonate de chaux | 76,80 |
| Carbonate de magnésie | 4,00 |
| Sulfate de chaux | 11,00 |
| | 99,40 |

L'eau d'alimentation de cette chaudière provient d'un puits foré dons les marnes crayeuses et laisse après évaporation un dépôt d'environ 0,gr·31 par litre.

# PERCEMENT DES ALPES.

## ÉTUDE DES TRAVAUX EXÉCUTÉS AU TUNNEL DU SAINT-GOTHARD

### (NOTE COMPLÉMENTAIRE)

Par M. REVAUX, ancien élève externe de l'École des mines.

Le tome XV de la 7ᵉ série des *Annales des mines* (année 1879) contient l'exposé sommaire de l'état dans lequel se trouvaient les travaux de percement du tunnel du Saint-Gothard, au cours de l'année 1877; la présente étude a pour but de compléter ces renseignements et de signaler les conditions dans lesquelles s'est opéré l'achèvement du travail.

C'est le 20 février 1880 que la galerie de direction a été percée d'outre en outre, à la distance de $7.744^{m},70$ de la tête nord (Gœschenen), et $7.167^{m},70$ de la tête sud (Airolo), ce qui porte à $14.912^{m},40$ la longueur totale du tunnel. Au point de rencontre des deux galeries, l'écart entre leurs directions était de $0^{m},33$, tandis que la différence de hauteur entre les nivellements n'était que de $0^{m},05$; l'écart de direction a été facilement réparti des deux côtés du profil où s'est effectué le percement, sur les sections d'élargissement en calotte non encore excavées.

L'attaque avait commencé le 13 septembre 1872 à Airolo

TABLEAU GRAPHIQUE DES PROGRÈS DEPUIS L'ORIGINE DES TRAVAUX

| DÉSIGNATION des travaux. | KILOMÈTRES. | | CHANTIER DE GŒSCHENEN. 0 \| 1 \| 2 \| 3 \| 4 \| 5 \| 6 \| 7 | CHANTIER D'AIROLO. 7 \| 6 \| 5 \| 4 \| 3 \| 2 \| 1 \| 0 | KILOMÈTRES. | | DÉSIGNATION des travaux. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | années | mètres | | | mètres | années | |
| Galerie de direction. | 1880 | 7.744 | | | 7.168 | 1880 | Galerie de direction. |
| | 1879 | 7.533 | | | 7.002 | 1879 | |
| | 1878 | 6.356 | | | 5.843 | 1878 | |
| | 1877 | 5.047 | | | 4.613 | 1877 | |
| | 1876 | 3.816 | | | 3.619 | 1876 | |
| | 1875 | 2.810 | | | 2.599 | 1875 | |
| | 1874 | 1.637 | | | 1.343 | 1874 | |
| | 1873 | 600 | | | 596 | 1873 | |
| | 1872 | 19 | | | 102 | 1872 | |
| Élargissement en calotte. | 1880 | 7.144 | 1.289 | | 6.479 | 1880 | Élargissement en calotte. |
| | 1879 | 6.857 | | | 6.113 | 1879 | |
| | 1878 | 5.694 | | | 5.078 | 1878 | |
| | 1877 | 4 341 | | | 4.100 | 1877 | |
| | 1876 | 2.646 | | | 2.461 | 1876 | |
| | 1875 | 1.481 | | | 1.152 | 1875 | |
| | 1874 | 661 | | | 656 | 1874 | |
| | 1873 | 265 | | | 260 | 1873 | |
| | 1872 | 0 | | | 39 | 1872 | |
| Cunette du stross. | 1880 | 5.501 | 3.820 | | 5.491 | 1880 | Cunette du stross. |
| | 1879 | 5.330 | | | 5.329 | 1879 | |
| | 1878 | 4.216 | | | 4.354 | 1878 | |
| | 1877 | 3.013 | | | 2.909 | 1877 | |
| | 1876 | 2.152 | | | 1.676 | 1876 | |
| | 1875 | 1.379 | | | 841 | 1875 | |
| | 1874 | 600 | | | 212 | 1874 | |
| | 1873 | 101 | | | 156 | 1873 | |
| | 1872 | 0 | | | 0 | 1872 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Stross. | 1880 | 5.124 | 4.817 | 4.914 | 1880 | Stross. |
| | 1879 | 4.847 | | 4.681 | 1879 | |
| | 1878 | 3.705 | | 3.551 | 1878 | |
| | 1877 | 2.371 | | 2.345 | 1877 | |
| | 1876 | 1.666 | | 1.120 | 1876 | |
| | 1875 | 694 | | 530 | 1875 | |
| | 1874 | 141 | | 235 | 1874 | |
| | 1873 | 7 | | 156 | 1873 | |
| | 1872 | 0 | | 0 | 1872 | |
| Maçonnerie de la voûte. | 1880 | 5.701 | 3.705 | 5.506 | 1880 | Maçonnerie de la voûte. |
| | 1879 | 5.484 | | 5 229 | 1879 | |
| | 1878 | 4.711 | | 4.551 | 1878 | |
| | 1877 | 2.766 | | 3.199 | 1877 | |
| | 1876 | 1.369 | | 1.550 | 1876 | |
| | 1875 | 733 | | 830 | 1875 | |
| | 1874 | 88 | | 330 | 1874 | |
| | 1873 | 0 | | 145 | 1873 | |
| | 1872 | 0 | | 13 | 1872 | |
| Maçonnerie des piédroits (moyenne). | 1880 | 4 644 | 5.506 | 4.762 | 1880 | Maçonnerie des piédroits (moyenne). |
| | 1879 | 4.408 | | 4.620 | 1879 | |
| | 1878 | 3.366 | | 3.498 | 1878 | |
| | 1877 | 2.156 | | 2.298 | 1877 | |
| | 1876 | 1.381 | | 931 | 1876 | |
| | 1875 | 464 | | 416 | 1875 | |
| | 1874 | 95 | | 122 | 1874 | |
| | 1873 | 0 | | 122 | 1873 | |
| | 1872 | 0 | | 0 | 1872 | |
| Tunnel complet. | 1880 | 3.945 | 6.682 | 4.285 | 1880 | Tunnel complet. |
| | 1879 | 3.687 | | 4.285 | 1879 | |
| | 1878 | 3.590 | | 3.074 | 1878 | |
| | 1877 | 1.812 | | 930 | 1877 | |
| | 1876 | 580 | | 149 | 1876 | |
| | 1875 | 0 | | 0 | 1875 | |
| | 1874 | 0 | | 0 | 1874 | |
| | 1873 | 0 | | 0 | 1873 | |
| | 1872 | 0 | | 0 | 1872 | |

et le 24 octobre à Gœschenen, mais des difficultés de toutes sortes n'ont permis la véritable mise en train que six mois plus tard. Le percement a donc exigé une période de 30 trimestres environ, ce qui représente une moyenne de 250 mètres d'avancement par trimestre pour chaque tête. Quant à l'avancement trimestriel vrai, il a souvent atteint et dépassé le chiffre de 300 mètres.

La convention conclue avec l'entrepreneur, M. Favre, dont on connaît la mort prématurée, stipulait un délai de huit ans pour la construction du tunnel, soit 32 trimestres. Toutefois, si le percement de la galerie de direction à laquelle on avait naturellement cherché à donner la plus vigoureuse impulsion, a pu être achevé dans les limites prévues, il a été loin d'en être ainsi pour les autres parties du travail. Le tableau graphique ci-contre (pages 86-87) indique l'état d'avancement des différents chantiers au moment de la rencontre des deux fronts de taille. Voici d'ailleurs les chiffres exacts des retards à l'échéance des délais d'achèvement.

| DÉSIGNATION des travaux. | DÉLAI d'achèvement d'après le traité. | LONGUEUR exécutée à cette date. | RETARD d'exécution. |
|---|---|---|---|
| | | mètres | mètres |
| Cunette du stross. . . . . . . . | 31 mai 1880 | 11.280 | 3.632 |
| Maçonnerie de voûte. . . . . . | 31 juill. 1880 | 11.224 | 3.688 |
| Stross . . . . . . . . . . . . . . . | 31 août 1880 | 10.805 | 4.109 |
| Maçonnerie piédroit ouest. . . | 30 sept. 1880 | 9.830 | 5.082 |
| Id. id. est . . . . | Id. | 9.891 | 5.021 |

Ces retards considérables doivent être attribués en grande partie à des causes étrangères à l'objet de cette étude; il suffit de dire que l'achèvement des travaux, prévu d'abord pour le 1er mai 1881, subissait encore à cette date un ajournement nouveau et que le tunnel a été livré à la circulation seulement à la fin de l'année dernière.

L'avancement au front de taille des deux galeries de di-

rection s'est fait exclusivement à la machine; sur les autres chantiers, on a employé successivement ou simultanément la perforation mécanique et le travail à la main, selon les convenances locales et surtout selon la quantité d'air comprimé dont on pouvait disposer, quantité que le débit variable des cours d'eau qui fournissaient la force motrice faisait osciller entre de larges limites.

Je rappelle ici qu'après avoir fait, au début du percement, de nombreuses études comparatives, les ingénieurs se décidèrent à adopter exclusivement pour l'attaque du front de taille les perforateurs Ferroux et Mac-Kean, dont on trouvera la description à l'article déjà cité. Il ne reste, pour compléter l'étude de ces machines, qu'à indiquer les modifications apportées pendant le cours des travaux à la machine Mac-Kean primitive, dont les avantages étaient en partie balancés par une usure rapide des pièces, exigeant de nombreuses réparations. En effet, tandis qu'un avancement de 10 mètres s'obtenait, à la tête nord, avec 34 machines Ferroux, dont 1,580 p. 100 seulement allaient ensuite à l'atelier de réparation, le même avancement, avec le perforateur Mac-Kean installé à la tête sud, ne demandait pas moins de 60 machines, avec une proportion de 5 p. 100 mises hors de service.

### PERFORATEUR MAC-KEAN — SÉGUIN.

Les modifications portent exclusivement sur les mécanismes de rotation du fleuret et d'avancement automatique de l'appareil. Rien n'a été changé au mécanisme de distribution de l'air comprimé, qui s'obtient toujours au moyen d'un tiroir cylindrique oscillant.

**1.** ***Mouvement de rotation.*** — Dans la machine primitive, le renflement C (*fig.* 1 et 2, Pl. I) de la tige du piston présentait une partie cylindrique dentée, engrenant avec un pignon, lequel, par un système de roues à rochet

convenablement disposées, déterminait la rotation de la tige pendant la course arrière. Dans la nouvelle machine, ces pièces, d'une construction difficile et d'une usure rapide, ont été supprimées, et le mouvement de rotation s'obtient de la manière suivante :

La tige *bb* du piston (*fig.* 1 et 2) présente une rainure en hélice *aa*, dans laquelle s'engage un prisonnier *a'a'* (*fig.* 3 et 4), fixé à l'intérieur d'une rondelle dentée mobile *f*. Un ressort à boudin *g* presse constamment cette rondelle contre une seconde rondelle de même denture *h*, mais qui diffère de la première en ce qu'elle est fixée invariablement au bâti. Le biais des dents de ces deux rondelles est disposé dans le sens d'un dégagement à l'arrière ; par suite, à chaque course avant, la rainure en hélice repousse la rondelle mobile, les dents glissent les unes sur les autres, et le mouvement de propulsion est rectiligne ; mais, à chaque course arrière, la rondelle sollicitée à tourner en sens inverse, en est empêchée par la forme même des dents, et comme le ressort à boudin agit pour la maintenir appuyée contre la rondelle fixe, la rainure en hélice *aa* est forcée de glisser sur le prisonnier devenu immobile, et engendre ainsi le mouvement de rotation de la tige du fleuret.

2. *Avancement automatique.* — Ce mouvement, qui était commandé à l'origine par les organes mêmes de distribution, en a été rendu indépendant ; le levier *m* a été reporté à une distance assez grande en avant du renflement C pour qu'il ne soit atteint et soulevé par celui-ci que quand le piston est presque à fond de course, et que, par suite, le besoin de progression se fait réellement sentir. Ce mouvement s'obtient par un artifice analogue à celui qui vient d'être décrit. Lorsque le levier *m*, maintenu en temps ordinaire au contact de la tige par le ressort *n*, vient à être soulevé par le renflement C, il entraîne dans son mouvement les deux bagues dentées *p* et *q* ; cette dernière est munie à son intérieur d'un prisonnier *w*, qui se meut dans

une rainure rectiligne *tu* de la broche *rs*, laquelle est obligée de participer au mouvement et détermine ainsi la progression de l'appareil.

Les deux bagues ne sont pas taillées en écrou à leur intérieur, mais simplement tournées au diamètre extérieur de la broche, de façon que la bague de droite *q* peut être, par la manœuvre d'un levier, ramenée en arrière, ce qui détermine l'arrêt du mouvement automatique, et l'on peut se servir alors pour faire mouvoir la machine à la main de l'engrenage conique *xy*, placé en queue.

Grâce à ces modifications, on put obtenir un avancement de 10 mètres avec un nombre de machines de 40 seulement, dont 2 1/2 p. 100 allaient ensuite aux ateliers de réparation.

Le percement d'une galerie de 15 kilomètres de longueur à travers le massif central des Alpes offrait, au point de vue géologique, un intérêt de premier ordre. On savait, par les observations de surface, que ce massif était composé d'une succession de couches cristallines (gneiss, schistes micacés et amphiboliques), relevées symétriquement en forme d'éventail de chaque côté de la ligne de faîte. Ces couches ont été régulièrement recoupées, avec des différences de quelques dizaines de mètres au plus, aux distances prévues d'après la puissance et l'allure des formations, et nulle part la galerie, qui pourtant dans sa partie centrale est recouverte par une épaisseur solide de 1.650 mètres, n'a rencontré la masse soulevante des Alpes, la protogine.

Partout les roches se sont présentées à l'état de masses compactes et homogènes, sauf vers la partie centrale où la galerie a traversé d'abord un gneiss micacé criblé de cavités dont quelques-unes atteignaient un volume de plusieurs décimètres cubes et ensuite une épaisseur d'environ 50 mètres de roche gneissique broyée et décomposée.

L'existence de ces crevasses dans le gneiss micacé prouve que, sous la pression de 430 atmosphères (la densité de la roche étant 2,71 et l'épaisseur du massif surplombant 1.650 mètres), cette roche n'est point susceptible de passer à l'état plastique, comme on l'a récemment supposé.

La roche décomposée et broyée qu'on rencontre ensuite consiste en gneiss micacé avec bandes de quartz et de feldspath : le quartz a été réduit à l'état pulvérulent, le feldspath s'est transformé en matière kaolinique ; cette roche a pu pénétrer, à la manière d'un coin, dans toutes les fissures des roches encaissantes, grâce à l'augmentation considérable de volume qui paraît avoir accompagné la décomposition. En effet, tandis que le gneiss micacé ordinaire a une densité de 2,71, perd 0,40 p. 100 d'eau à l'état incandescent, et peut sans changer de volume en absorber 1,95 p. 100 ; le gneiss décomposé a une densité de 2,77, perd 1,87 p. 100 d'eau à l'état incandescent et en absorbe 11 p. 100 avec une augmentation de volume de 8 p. 100. Avec une absorption de 20 p. 100 il se transforme complètement en limon graveleux. On voit par là à quelles pressions considérables peuvent être exposées les maçonneries sur ce point du parcours.

La venue des eaux d'infiltration, dont l'abondance avait été au début un obstacle des plus sérieux à la bonne marche des travaux, a toujours diminué d'importance. A la tête nord, la galerie avait fini par devenir entièrement sèche, et à la tête sud le débit total du tunnel n'était plus, au 1er janvier 1880, pour une longueur percée de 7.000 mètres, que de 210 litres.

La température de l'air au front de taille s'est constamment maintenue aux environs de 30° pendant toute la durée du percement. Le tableau ci-dessous indique les températures moyennes qui régnaient dans les chantiers en activité sur toute la longueur du tunnel.

| DISTANCES à la tête. | DÉSIGNATION des chantiers. | TEMPÉRATURES. |
|---|---|---|
| mètres | | |
| 0.000 | Embouchure nord. . . . . . . . | — 9°,3 (températ. extérieure) |
| 2.900 | Tunnel achevé. . . . . . . . . . | + 25° |
| 4.270 | Id. . . . . . . . . . . | 28 |
| 4.500 | Cunette. . . . . . . . . . . . . | 29,2 |
| 4.970 | Pied de la rampe. . . . . . . . | 29,3 |
| 5.090 | Tête de la rampe. . . . . . . . | 30 |
| 5.905 | Extrémité de la voûte. . . . . . | 31,3 |
| 6.500 | Galerie de direction. . . . . . | 31,2 |
| 7.040 | Front de taille . . . . . . . . . | 30,7 |

Les travaux ayant été complètement suspendus après ce relevé des températures pour les besoins du jalonnement de l'axe du tunnel, on fit fonctionner les ventilateurs pendant quatre-vingt-seize heures consécutives, mais on ne réussit qu'à abaisser d'un demi-degré au plus la température moyenne de l'air du tunnel.

Dès que le percement fut effectué de part en part, un courant d'air naturel s'établit, qui suivit identiquement la même direction que les vents extérieurs; mais la température ne s'abaissa pas pour cela; le 21 mai, c'est-à-dire deux mois et demi après l'établissement de ce courant d'air, le thermomètre marquait encore 30° entre les profils 7.630 et 7.745.

Ce résultat n'a rien qui doive étonner, si l'on réfléchit qu'à 1 kilomètre et demi du tunnel l'air entre en contact avec une roche dont la température est de 30° et, qu'en outre, par suite de variations fréquentes dans le sens du courant, cet air, loin de se renouveler par un passage continu, ne fait, au contraire, que flotter d'un point à l'autre dans le tunnel.

Quant à la température de la roche elle-même qui était de 15° au voisinage des têtes, elle s'éleva rapidement à 25°, et se maintient constamment aux environs de 30°. Les observations se faisaient en forant des trous spéciaux de 1$^m$,30 de profondeur, dans lesquels on maintenait le ther-

momètre enfoncé pendant une durée de quatre-vingt-seize heures. On a constaté ainsi que les températures de l'air ont été inférieures à celles de la roche aussi longtemps que celles-ci n'ont pas dépassé 15°; mais qu'au delà de cette limite elles sont devenues supérieures.

Le prix de revient du mètre courant du tunnel, revêtement compris, s'est élevé à 4,300 francs; celui consenti par l'entreprise, au moment de la soumission, était de 3,200 francs seulement.

## LIGNES D'ACCÈS

La ligne de raccordement du tunnel part de Fluëlen, à l'extrémité sud du lac des Quatre-Cantons, et s'engage aussitôt dans la vallée de la Reuss, afin d'atteindre, à l'altitude de 1.100 mètres, la tête nord de Gœschenen; elle débouche ensuite à Airolo, dans la vallée du Tessin, et la descend jusqu'aux environs de Bellinzona. Malgré l'emploi constant de pentes de 26 p. 1.000 et de courbes de 300 et même 280 mètres de rayon, il fut absolument impossible, en plusieurs points de ces gorges resserrées, d'obtenir, par les moyens ordinaires, un développement suffisant de la voie ferrée; et l'on dut recourir à l'emploi des tunnels hélicoïdaux, à rampe continue de 23 p. 1.000, pour compléter le rachat des différences de niveau. La *fig.* 1, Pl. III, représente l'installation de Piano-Tondo, sur la rampe d'accès sud. On voit que la différence des cotes d'entrée et de sortie des tunnels est de près de 100 mètres, ce qui permet au tracé de quitter la terrasse supérieure de la vallée, et de gagner, en franchissant le Tessin, une terrasse inférieure sur laquelle le développement à ciel ouvert présente moins de difficultés.

La perforation mécanique fut appliquée à plusieurs de ces tunnels hélicoïdaux, et aussi à la tête nord du tunnel

rectiligne du Mont-Cenere, situé près du raccordement des lignes avec le réseau de la haute Italie.

Le tunnel du Mont-Cenere, long de 1.673 mètres, a été percé dans un massif de gneiss micacé, au moyen de perforateurs dont la description va être donnée. L'installation, calculée sur un débit minimum de 120 litres, fourni par le Trodo, comprenait un groupe de 2 compresseurs, fonctionnant sous une chute totale de 109 mètres. L'avancement moyen, qui était de $3^m,20$ par jour à l'origine des travaux (avril 1879), atteignit, en janvier suivant, jusqu'à $5^m,13$ pour une section de galerie de $6^{m^2},50$ ; mais à partir de cette époque, on eut, de même que dans le grand tunnel, à lutter contre l'insuffisance de force motrice. Le débit du Trodo étant descendu à 70 litres, on fut obligé d'installer 2 locomobiles auxiliaires, et moins d'un mois après, le débit ayant baissé de nouveau jusqu'à 33 litres, on ne put faire fonctionner qu'un seul compresseur, et sans pouvoir obtenir au front de taille une pression supérieure à 3 atmosphères, et l'on dut, pour maintenir un avancement de 3 mètres par jour, suspendre tous les travaux d'élargissement à la machine en arrière de la galerie de direction, et en outre réduire la section de celle-ci de $6^{m^2},50$ à $5^{m^2},50$. Les travaux ne reprirent leur marche normale que vers la fin de février, et dès le 12 avril, la galerie fut percée de part en part. Le progrès mensuel de la perforation mécanique avait oscillé, à la tête Nord, entre 95 et 125 mètres, tandis que celui du forage à la main, à la tête Sud, avait varié de 17 à 34 mètres.

Partout ailleurs, sur la rampe d'accès Sud, on employa des perforateurs du système Fröhlich, qui fournirent, dans le gneiss quarteux où on les employait, un avancement moyen de $1^m,50$ à $1^m,70$ par jour, suffisant pour opérer le percement dans les délais prévus par les contrats. Mais lorsqu'on chercha à employer ces mêmes perforateurs à l'attaque du tunnel hélicoïdal du Pfaffensprung, sur la

rampe d'accès Nord, où la roche est constituée par un granite compacte d'une extrême dureté, on ne put obtenir un avancement de plus de 1 mètre à 1,20 par jour. En présence de ce résultat, l'entreprise dut renoncer aux machines Fröhlich et leur substituer des perforateurs du système Brandt, fonctionnant, non plus par l'air comprimé, mais par pression hydraulique. Les premiers résultats furent satisfaisants : l'avancement total obtenu fut de 60 mètres en vingt-huit jours, soit $2^m,14$ par jour, pour une section de galerie de 6 mètres carrés, et leur emploi fut définitivement adopté. Par suite, la galerie de direction, qui jusque-là avait été entreprise au sommet de la calotte, fut reportée au sol du tunnel, afin d'éviter l'ébranlement des massifs, dans le voisinage de la voûte; car, au lieu qu'avec les autres machines on perce simultanément plusieurs trous de $0^m,030$ de diamètre, on ne creuse, avec les machines Brandt, que deux trous à la fois, mais leur diamètre est de $0^m,07$, ce qui détermine un ébranlement de la roche bien plus considérable.

Voici maintenant quelques détails sur chacun de ces perforateurs :

Le perforateur Mac-Kean—Séguin, employé au Mont-Cenere, ne diffère de celui décrit précédemment que par l'agencement du mécanisme d'avancement et le recul automatique. L'appareil est supporté par deux longerons dentés H (*fig.* 1, Pl. II) reliés entre eux, à l'arrière, par une culasse K, qui sert à fixer la machine sur l'affût, et à l'avant, par une têtière J, qui porte les pièces du mouvement de rotation.

Dans l'état ordinaire, le cylindre est fixé sur les longerons par la fourchette L à l'avant et la traverse Q à l'arrière. Ce résultat est obtenu par l'action de l'air comprimé, qui, étant en communication constante avec les pistons N et O, les soulève, et détermine, par le jeu des leviers I

et R, le serrage des pièces L et Q sur les longerons.

Quand le piston arrive à fond de course, le cône *a* vient soulever le taquet M, porté par la fourchette L, qui se trouve ainsi désembrayée. A ce moment, l'air est admis à l'avant du cylindre, et comme la masse de ce dernier est moindre que celle formée par l'ensemble du piston, de la tige et du fleuret, c'est le cylindre qui avance sur ses longerons, et non le piston qui recule; mais alors le taquet M quitte le cône, la fourchette retombe en fixant de nouveau le cylindre, et la machine reprend sa marche normale.

Quant au mouvement de recul, on l'obtient en manœuvrant à la main le levier à excentrique R, qui abaisse le piston O et la traverse Q; le cylindre, n'étant plus fixé à l'arrière, et la machine continuant à fonctionner, recule à chaque coup de piston, jusqu'à ce qu'on le fixe de nouveau par une manœuvre en sens inverse du levier.

### PERFORATEUR FRÖHLICH.

Cet appareil a une grande analogie avec le perforateur Turrettini, déjà décrit dans la première partie de cette étude.

1. *Mouvement de percussion.* — Lorsque le piston *d* (*fig.* 5, Pl. I) découvre l'orifice du canal *e*, l'air comprimé s'engage dans ce canal, et va agir, par un prolongement *gf*, sur la surface extérieure droite du double piston *b*, qui commande le tiroir de distribution *a*. A ce moment déjà, la surface extérieure gauche de ce piston est aussi en contact avec l'air comprimé par le conduit *g'f*. Ce piston resterait donc en équilibre si l'air n'agissait pas également sur la surface intérieure gauche, de plus faible section, par le canal *h'*, et c'est cette dernière action qui détermine l'entraînement du double piston vers la gauche. Dès que, par suite de ce mouvement, le tiroir *a* est arrivé au milieu de sa course, la face arrière de la moitié gauche du double

piston *b* est mise en communication avec l'air atmosphérique, et le piston lui-même énergiquement maintenu à fond de course à gauche. Mais alors l'air comprimé arrive par la lumière *c'* dans la partie antérieure du cylindre et ramène le piston *d*. Lorsque celui-ci vient à découvrir l'orifice du canal *é*, le piston du tiroir et le tiroir lui-même reprennent la position indiquée sur la figure, et les mêmes effets se reproduisent.

2. *Mouvement de rotation.* — Pour produire le mouvement de rotation, on se sert d'un encliquetage *ll'* qui fonctionne de la manière suivante : la rondelle *l'* est invariablement fixée à un petit piston *m*, qui se trouve en communication constante avec l'air comprimé; la rondelle *l* fait corps avec une broche cannelée *i* qui s'engage dans l'écrou *k*, solidaire du fleuret, et les lumières *m'm'* établissent une communication directe entre la chambre des rondelles et le cylindre. Quand le fleuret est chassé en avant, l'air comprimé, agissant à la fois sur les deux rondelles *ll'*, maintient le système en équilibre d'autant mieux que le sens de la denture des rondelles s'opposerait à leur glissement; mais pendant la période de recul la rondelle *l* n'est plus soumise qu'à la pression atmosphérique, tandis que *l'* reste soumise à celle de l'air comprimé et comme les dents sont taillées dans le sens d'un dégagement à l'arrière, on voit que la rondelle *l'* reste immobile et que le système formé par la rondelle *l*, la broche *i*, l'écrou *k* et le fleuret est alors libre de prendre un mouvement de rotation pendant toute la durée de la course arrière.

3. *Mouvement d'avancement.* — L'avancement est obtenu par le jeu du piston *q* logé à l'arrière du perforateur. Le cylindre *o* est par la lumière *p* en communication constante avec l'air comprimé, de sorte qu'en marche normale le piston *q* est maintenu au point le plus haut de sa course dans le cylindre. La tige de ce piston est reliée à un rochet qui engrène avec une roue dentée *x* et celle-ci forme elle-

même écrou sur la vis d'avancement *y* qu'on maintient constamment serrée sur le châssis de guidage R par la poignée Z. Lorsque le piston propulseur arrive à fond de course, une rainure *r* ménagée sur sa tige permet à l'air comprimé d'arriver par le conduit *s* à la partie supérieure du cylindre *o*; il agit alors sur la section entière du piston *q* et le force à s'abaisser. Ce mouvement est transmis par la tige à la roue à rochet *x*, dont la rotation détermine alors l'avancement de la machine sur le châssis de guidage. Quand le fleuret revient en arrière, une seconde rainure *r'* fait communiquer avec l'échappement le canal *s* et le piston *q* revient à sa position normale.

Le mouvement d'avancement n'est automatique qu'autant que la poignée Z reste en serrage et quand elle est desserrée on peut faire librement avancer ou reculer la machine au moyen de la manivelle Z'.

*Colonne de support à pression hydraulique.* — Les perforateurs sont des machines peu encombrantes par elles-mêmes et dont le poids ne dépasse généralement pas 200 kilog.; mais les affûts destinés à les supporter pendant la marche sont forcément lourds et encombrants lorsqu'on veut leur donner une masse suffisante pour amortir les vibrations qui leur sont transmises par les perforateurs en marche. Pour remédier à ces inconvénients, on a cherché à prendre des points d'appui sur les parois mêmes des galeries et en conséquence, dans l'organisation du travail avec les machines Fröhlich, on a adopté un support spécial à serrage hydraulique représenté *fig.* 6, Pl. I.

La colonne de support A se termine par un réservoir B, que l'on maintient rempli d'eau. Au moyen d'un levier *d*, on agit sur le piston *b* d'une pompe foulante qui chasse l'eau sous pression par le conduit *g* dans la colonne où elle va soulever le piston plongeur *i* et permet d'exercer sur le ciel de la galerie une pression de 200 atmosphères.

Pour empêcher que, par suite d'un refoulement excessif, le piston *i* ne sorte complètement de la colonne, on a ménagé dans les parois un orifice *n* par lequel l'eau motrice s'échappe dès que le piston est arrivé à cette hauteur.

On desserre en ouvrant la soupape de retour *k*; alors l'eau s'écoule par le canal *l* dans le réservoir et le piston plongeur redescend. La machine est fixée à la colonne par le joint universel C.

La *fig.* 1, Pl. III, représente la disposition générale des installations de la Biaschina, qui desservent les chantiers des deux tunnels hélicoïdaux de Piano-Tondo et de Travi. On s'est servi pour les attaques supérieures de machines avec cylindres de $0^m,065$ de diamètre et $0^m,110$ de course de piston; pour les attaques inférieures, on a choisi un type plus fort : $0^m,085$ de diamètre et $0^m,150$ de course. Ces machines frappent toutes deux environ 400 coups à la minute, avec une dépense de 300 litres d'air comprimé pour le premier type et 500 pour le second; l'avancement moyen y compris les arrêts a été respectivement de $0^m,02$ et $0^m,03$ dans le gneiss granitique dur. Chaque chantier marchait avec une batterie de 3 machines.

L'air était amené à ces chantiers par des conduites de tuyaux de 3 types différents :

1° Tuyaux de $0^m,102$ de diamètre extérieur, $0^m,005$ d'épaisseur et 10 kilog. au mètre courant, pour les conduites partant des réservoirs et communes aux deux attaques inférieure et supérieure d'un même tunnel;

2° Tuyaux de $0^m,076$ —, $0^m,003$ et 6 kilog., pour le branchement allant à l'attaque inférieure;

3° Tuyaux de $0^m,051$ —, $0^m,002$ et $3^k,5$, pour le branchement conduisant à la tête supérieure. Ce dernier modèle avait été adopté en vue d'une batterie de 2 machines seulement, mais il a pu servir aussi à l'alimentation d'une troisième, sans que la vitesse de l'air ait dépassé la limite de 9 mètres.

En outre, cette même conduite devait fournir à la dépense des appareils Körting, à air comprimé, servant à l'épuisement des eaux. Leur accumulation au front de taille fut souvent une cause de retards ; à l'attaque supérieure de Prato, les travaux furent noyés par des infiltrations dont le débit atteignait 10 litres à la seconde, et ce n'est que cinq jours plus tard, après l'ouverture fortuite d'une forte veine aquifère dans l'attaque inférieure, que la venue d'eau perdit de son importance et qu'on put procéder avec succès à l'épuisement. A cet effet, on se servait de siphons construits avec des tuyaux en tôle et munis à leur sommet des appareils dont il vient d'être question. Ces moteurs servent à faire une première fois le vide dans la conduite et à aspirer ensuite pendant la marche du siphon l'air qui se sépare de l'eau et va se loger au point le plus élevé. Ce siphon prend les eaux dans le stross, où elles sont ramenées du front de taille au moyen de pompes rotatives actionnées par de petits moteurs Schmidt à cylindres oscillants, mus par l'air comprimé.

La production de l'air comprimé s'obtenait au moyen d'un groupe de 2 compresseurs du même système que ceux fonctionnant au grand tunnel et déjà décrits, mus par une turbine Girard. Voici les données principales relatives à ces appareils :

| | |
|---|---|
| Diamètre du cylindre . . . . . . . . . . . . | $0^{m},55$ |
| Course du piston. . . . . . . . . . . . . . . . | 0 ,76 |
| Tension de l'air . . . . . . . . . . . . . . . | 6 atmosph. |
| Effet utile des compresseurs. . . . . . . . . | 60 p. 100 |
| Nombre de tours de l'arbre des turbines . . | 52 (par minute) |
| Volume d'air comprimé par minute. . . . . | $1^{m3},870$ |
| Id. id. par 24 heures . . . | 2.700 ,000 |

soit 5.400 mètres cubes pour les 2 compresseurs agissant simultanément.

| | |
|---|---|
| Niveau supérieur de l'eau des réservoirs. . | $506^{m},60$ |
| Niveau inférieur de l'eau des turbines. . . | 473 ,00 |

| | |
|---|---|
| Hauteur de chute totale. . . . . . . . . . . | 53 ,60 |
| Id. utile. . . . . . . . . . . . . . . . . | 29 ,00 |
| Volume d'eau maximum par seconde . . . | 1.000 litres |
| Effet utile des turbines. . . . . . . . . . . | 75 p. 100 |
| Force en chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 290 |

PERFORATEUR BRANDT A PRESSION HYDRAULIQUE.

Le perforateur Fröhlich, qui donna de bons résultats sur la rampe d'accès sud, ne réussit pas dans la roche exceptionnellement dure du Pfaffensprung, sur la rampe nord, à fournir un avancement suffisant, et l'on a déjà vu qu'on dut lui substituer une machine d'un genre tout différent, le perforateur Brandt, qui fonctionne non par l'air comprimé, mais par l'eau sous pression. Cet appareil est représenté *fig.* 2, 3, 4 et 5, Pl. II. Le fleuret agit, non plus par choc, mais par rotation et travaille sous une pression d'eau de 80 à 100 atmosphères. Le mouvement s'obtient de la manière suivante :

Deux petits moteurs hydrauliques *d* et *e*, munis d'une chambre commune de distribution *b* et d'une force de 12 à 14 chevaux, agissent, par l'intermédiaire des manivelles *d'* et *e'*, sur une vis sans fin *h'*, engrenant avec une roue dentée *h*, qui tourne librement autour du cylindre d'avancement O, mais qui fait corps avec un second cylindre P, et ce dernier communique au moyen de la glissière *k* son mouvement de rotation au piston plongeur *i*, qui porte le foret; celui-ci fait par ce moyen de 7 à 10 tours par minute.

Quant à la pression du foret contre la roche, elle s'obtient par la manœuvre du piston plongeur *i*, qui se meut dans le cylindre d'avancement O, et à l'extrémité duquel est fixé le foret. Par la simple manœuvre d'un robinet de la chambre *b*, on peut faire arriver l'eau sous pression tantôt par le conduit *u*, ce qui détermine l'avancement du piston, tantôt par le conduit *r*, ce qui provoque le recul de l'appa-

reil. En outre, on peut, en agissant plus ou moins complètement sur le robinet, admettre à la fois l'eau par les deux tuyaux *r* et *u*, et régler ainsi, dans les proportions voulues, la pression exercée sur le foret. La pression totale peut aller jusqu'à 12.000 kilogrammes; le foret est en acier et de section annulaire; son diamètre est de $0^m,064$. La couronne qui le termine porte 4 dents bien trempées, et son diamètre est de $0^m,070$.

L'eau consommée par les moteurs peut être utilisée suivant la nature de la roche pour l'injection des trous de mine. A cet effet, on ferme le robinet d'échappement *c*, et l'eau, au lieu de s'écouler directement dans la galerie par le tuyau S, passe par le tuyau *v* jusqu'à l'intérieur de la machine, d'où elle peut pénétrer, par la tige creuse du foret, jusqu'au fond du trou.

Ce perforateur a l'avantage de permettre l'emploi de forces considérables dans un espace restreint et d'être en même temps d'une manœuvre facile; car, une fois le robinet mis au point, la pression qui s'exerce sur le foret et la pénétration de celui-ci dans la roche demeurent constantes aussi longtemps que la dureté de la roche l'est elle-même, et l'appareil devient absolument automatique.

La course utile du piston plongeur est de $0^m,25$. Aussitôt que le trou a atteint cette longueur, on manœuvre le robinet pour ramener le foret en arrière, et on allonge sa tige de la longueur voulue.

L'appareil est fixé à une colonne de support *u*, au moyen de la pièce *f*, munie d'un joint articulé qui reçoit la culasse *g*, sur laquelle est fixé le cylindre d'avancement O.

Cette colonne *u* se compose d'un tube cylindrique, que l'on serre fortement contre les parois de la galerie au moyen de l'eau sous pression agissant sur un piston plongeur par un mécanisme analogue à celui qui vient d'être décrit.

La *fig.* 5, Pl. II, représente le mode d'assemblage employé pour réunir les tuyaux destinés à transmettre la

pression hydraulique aux machines. Ces tuyaux, en fer forgé de 0m,038 de diamètre, sont réunis par des manchons à vis et rendus étanches aux moyens d'anneaux de cuivre contre lesquels ils sont pressés à chacune de leurs extrémités.

Les installations qu'exige l'emploi du système Brandt sont représentées *fig.* 2, Pl. III. Elles se composent de pompes à haute pression A et d'un accumulateur à charge compensatrice B. Les pompes, au nombre de deux, sont à piston différentiel et actionnées par une turbine. L'accumulateur se compose d'un cylindre à piston plongeur de 0m,50 de course et 0m,05 de diamètre. La charge compensatrice consiste en un dé de pierre, du poids de 1.200 kilogrammes, suspendu au moyen de ressorts. Quand l'accumulateur a atteint son point le plus élevé, une soupape régulatrice C se trouve entièrement ouverte et livre passage à l'eau en excès comprimée par les pompes : cette précaution est indispensable avec des machines à travail aussi intermittent que les perforateurs. Une autre soupape de retour D, adaptée entre l'accumulateur et les pompes, décharge celles-ci lorsque le piston de l'accumulateur charge la conduite sous pression E (*).

La construction de la ligne du Saint-Gothard, qui a en Italie le même objectif que la ligne du Mont-Cenis, c'est-à-dire Plaisance, point de passage obligé de tout le trafic anglais vers Brindisi et l'Orient, est, au point de vue économique, une œuvre évidemment contraire aux intérêts français. Elle enlève à nos voies ferrées tout le trafic de la rive droite du Rhin; elle menace même de détourner de notre

---

(*) Le percement du tunnel de l'Arlberg (10 kilomètres) pour lequel on emploie le perforateur Brandt à l'une des têtes, et le perforateur Ferroux à l'autre, va permettre d'établir une intéressante comparaison entre les deux systèmes. — Voir la note publiée au Bulletin, *Annales des mines*, 1er vol. de 1882, p. 596.

réseau tout ou partie de celui des grands ports de commerce de la Hollande et de la Belgique et de toute la France au nord de la Seine.

| | |
|---|---|
| La distance de Paris à Plaisance est en effet, | kilom. |
| par le Mont-Cenis, de. . . . . . . . . . . . . . . | 989 |
| et, par le Saint-Gothard, de. . . . . . . . . . . . | 952 |
| De même, celle de Boulogne à Plaisance est, par le | |
| Mont-Cenis, de. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1.243 |
| et, par le Saint-Gothard, de. . . . . . . . . . . . | 1.206 |

et l'on s'est déjà préoccupé d'ouvrir à travers les Alpes, entre ces deux tunnels, une troisième percée qui, en abrégeant la longueur du trajet, permettrait de soustraire à la concurrence allemande au moins notre trafic national. Toutefois, l'accord est loin de s'être établi sur le choix du point d'attaque, et quelques-uns affirment même que ce nouveau tunnel ne serait qu'une doublure inutile de celui du Mont-Cenis, et qu'il suffit, pour rétablir l'équilibre, de modifier légèrement les itinéraires actuels de nos grandes lignes par l'exécution de sections de raccordement. C'est ainsi que si le tracé Boulogne-Plaisance, qui à l'heure actuelle passe par Paris, suivait une ligne directe d'Amiens à Dijon par Compiègne, Château-Thierry, Troyes et Châtillon-sur-Seine, le parcours serait réduit d'environ 30 kilomètres, soit 1.213 pour le Mont-Cenis et 1.206 pour le Saint-Gothard.

De toutes les solutions actuellement proposées, deux surtout paraissent avoir chances de succès : l'une consiste à tourner le Jura par la voie Dijon, Mâcon, Culoz, Genève, et à se bifurquer près de ce dernier point pour gagner directement la vallée d'Aoste en traversant le massif du Mont-Blanc; la seconde, à franchir carrément les terrasses étagées du Jura et à descendre en Suisse, pour pénétrer de là en Italie par la percée du Simplon.

En se plaçant en dehors de toute considération militaire qui pourrait faire rejeter *a priori* cette seconde solution,

les traits principaux des deux projets sont les suivants :

Le tunnel du Mont-Blanc aurait une longueur encore indéterminée, mais qui serait de 12 à 15 kilomètres, et devrait être ouvert à l'altitude de 1.200 mètres; il économiserait une soixantaine de kilomètres.

Le tunnel du Simplon atteindrait la longueur de 18.500 mètres; par contre, son altitude ne serait que 729 mètres. On arriverait à la tête Nord par un tracé de plaine, et la rampe d'accès Sud exigerait seule des pentes maxima de 23 millimètres sur 20 kilomètres de longueur environ. La ligne présenterait alors cette singularité que son point culminant serait, non plus dans les Alpes, mais bien dans le Jura, où l'on ne pourrait éviter de s'élever jusqu'à l'altitude de 1.000 mètres par des rampes de 20 et 25 millimètres; on réduirait ainsi de 67 kilomètres la distance actuelle (989 kilomètres) de Paris à Plaisance.

---

# NOTE
# SUR UNE SOUPAPE DE SURETÉ
IMAGINÉE
## PAR M. CODRON, DE LILLE

Par M. OLRY, ingénieur des mines.

L'article 5 du décret du 25 janvier 1865, portant règlement d'administration publique sur les chaudières à vapeur, exigeait que toute soupape de sûreté installée sur une chaudière présentât une section suffisante pour maintenir à elle seule, quelle que fût l'activité du feu, la vapeur à un degré de pression n'excédant dans aucun cas la limite maximum indiquée par le timbre. Les industriels étaient d'ailleurs libres de déterminer eux-mêmes le diamètre des soupapes.

En général, on a continué à calculer ce diamètre en se servant de la formule indiquée à l'ordonnance du 22 mai 1843

$$d = 2{,}6\sqrt{\frac{S}{n - 0{,}412}},$$

dans laquelle $d$ exprimait le diamètre de la soupape en centimètres, S la surface de chauffe de la chaudière en mètres carrés et $n$ la tension maxima de la vapeur en atmosphères.

Actuellement on exprime cette tension maxima en kilogrammes par centimètre carré; il convient donc de rem-

placer $n$, dans la formule qui précède, par $\frac{k}{1.033} + 1$, ce qui donne

$$d = 2,6\sqrt{\frac{S \times 1,033}{K + 0,607}},$$

$k$ étant le numéro du timbre en kilogrammes par centimètre carré.

Si la surface annulaire d'échappement de la vapeur correspondant au soulèvement de la soupape de sûreté était égale à la section circulaire ainsi calculée, on serait bien certain de ne pouvoir jamais dépasser la pression indiquée par le timbre. Pour satisfaire à cette condition, il faudrait obtenir une levée $h$ déterminée par la formule

$$\pi dh = \frac{\pi d^2}{4},$$

qui donne

$$h = \frac{d}{4}.$$

Or, dans la pratique, les soupapes des divers types employés jusqu'à présent ne se soulèvent guère que d'un millimètre ; cela tient à ce que la pression au-dessous de l'obturateur diminue dès que la vapeur a une issue pour s'échapper ; cette réduction de pression, qui croît rapidement avec la levée de l'obturateur, a pour effet de rendre prédominante la charge de la soupape, qui tend alors à se refermer.

Il résulte de là que, pour obtenir une sécurité complète, il faudrait calculer le diamètre des soupapes de telle façon que la surface d'échappement correspondant à la levée pratique, un millimètre par exemple, fût égale à la section circulaire du diamètre exprimé ci-dessus.

On arrive ainsi à déterminer des diamètres énormes et généralement irréalisables.

Il est juste de dire que la formule indiquée par l'ordon-

nance de 1843 correspond à des conditions de vaporisation excessives, et qui n'ont lieu que dans des cas tout à fait exceptionnels; on peut donc sans inconvénient s'en tenir à des limites notablement inférieures à celles qu'on en déduit; mais, malgré cela, il faudrait adopter des soupapes de diamètres très exagérés pour satisfaire aux conditions définies par l'article 5 du décret de 1865.

Aussi arrive-t-il que les soupapes de sûreté sont des appareils sur lesquels il ne faut pas compter d'une manière absolue. Si la pression vient à s'élever dans une chaudière, les soupapes évacuent une certaine quantité de vapeur; mais cette quantité étant inférieure à celle qui se forme dans l'appareil, la pression continue à augmenter, et il peut arriver qu'une explosion se produise.

Le nouveau règlement sur les appareils à vapeur tient compte de cet état de choses. Il est dit, en effet, à l'article 6 du décret du 30 avril 1880 que l'orifice de chaque soupape doit suffire à maintenir, *celle-ci étant au besoin déchargée ou soulevée*, et quelle que soit l'activité du feu, la vapeur dans la chaudière à un degré de pression qui n'excède en aucun cas la limite indiquée par le timbre. Ce texte indique bien que, pour être complètement efficaces, les soupapes doivent être manœuvrées artificiellement.

Plusieurs solutions ont été proposées pour améliorer le fonctionnement des soupapes de sûreté : c'est ainsi qu'on a imaginé divers mécanismes ayant pour but de diminuer la charge à mesure que la soupape se soulève. Récemment M. l'ingénieur en chef Vicaire a décrit dans les *Annales des mines* un type de soupape que construit M. Adams, de Manchester, et dans lequel la levée est augmentée par l'action de la vapeur qui, en s'échappant, vient frapper contre un rebord disposé autour de l'obturateur.

M. Codron, professeur à l'Institut industriel de Lille, est l'inventeur d'un système qui me paraît plus satisfaisant encore, et qui, on peut le dire, donne une solution tout à

fait complète du problème, en permettant d'obtenir des levées aussi grandes qu'on le juge utile.

La soupape comporte deux sièges circulaires *aa*, *bb* (voir Pl. III, *fig.* 3), situés dans un même plan et rendus solidaires par des nervures *mm*. L'obturateur présente des portées planes ou coniques qui correspondent aux deux sièges, et il est guidé verticalement par des ailettes *gg*.

Quand cette soupape repose sur son double siège, sa partie centrale délimite une sorte de chambre H qui communique avec l'atmosphère par un petit trou *o*. L'action de la vapeur ne s'exerce donc que sur la surface annulaire comprise entre les deux sièges. Mais dès que l'obturateur vient à se soulever sous l'influence d'un excès de pression, la vapeur vient remplir la chambre H, et elle agit sur une surface circulaire d'un diamètre égal à celui du grand siège; la pression par unité de surface est alors moindre qu'à l'état statique, mais cet effet est compensé par l'accroissement de la surface en contact avec la vapeur, et l'on conçoit qu'en augmentant suffisamment le diamètre de la partie centrale par rapport au diamètre total, on puisse produire telle levée que l'on désire.

Du rapport de ces deux diamètres dépend aussi le degré de sensibilité de l'appareil, c'est-à-dire la chute de pression nécessaire pour faire retomber l'obturateur sur ses sièges. Si le diamètre du siège central *bb* est relativement considérable, on obtiendra une forte levée, mais il faudra que la pression s'abaisse notablement pour que la soupape cesse de fonctionner; dans ce cas, il pourra être avantageux de la refermer à la main, ce qui se fait facilement, car dès qu'on applique la soupape sur ses sièges, la pression tombe dans la chambre H. Si, au contraire, le siège central a un petit diamètre, on obtiendra une levée moindre, mais la sensibilité de la soupape y gagnera, c'est-à-dire qu'il faudra une chute de pression plus faible pour qu'elle cesse de débiter de la vapeur.

On peut d'ailleurs, avec cette soupape, réduire autant qu'on le désire la surface annulaire sur laquelle agit la vapeur à l'origine, tout en conservant un orifice d'écoulement suffisant. Cette circonstance permet de réduire en proportion la charge qui agit sur l'obturateur.

J'ai expérimenté successivement deux soupapes de ce type chez M. Villette, constructeur à Lille. L'appareil sur lequel on les a montées était une chaudière horizontale à deux bouilleurs et à communications basses présentant les éléments suivants :

| | |
|---|---|
| Surface de la grille. . . . . . . . . . . . | $1^{m^2},15$ |
| Surface de chauffe . . . . . . . . . . . . | $36^{m^2},80$ |
| Capacité totale . . . . . . . . . . . . . | $4^{m^3},606$ |
| Timbre . . . . . . . . . . . . . . . . . . | $5^k,000$ |

La formule officielle donne pour le diamètre des soupapes à placer sur ce générateur

$$d = 6^c,8.$$

Pour éviter les inconvénients résultant de l'écoulement d'une grande quantité de vapeur dans la chambre de la chaudière, j'ai fait coiffer le chapeau de la soupape soumise aux expériences d'un tube en tôle qui débouchait dans l'atmosphère après avoir traversé le toit du bâtiment : ce tube faisait l'office d'une véritable cheminée.

Enfin j'ai mesuré la levée de l'obturateur au moyen d'une vis *v* formant arrêt contre lequel venait buter le levier auquel était suspendue la charge. Au début de chaque opération, on observait la distance du levier à la pointe de la vis, et cet élément permettait de déterminer la levée au moment où, la soupape étant soulevée, le levier était appliqué contre la vis, ce dont il était facile de s'assurer.

Pendant les expériences on a arrêté la machine, et on a poussé le feu sur la grille au maximum d'intensité, de manière à obtenir la plus grande production possible de

vapeur; cette vapeur ne pouvait d'ailleurs s'échapper que par l'orifice de la soupape soumise à l'essai.

*Soupape n° 1.*

| | |
|---|---|
| Diamètre du petit siège . . . . . . . . . | $6^{c},8$ |
| Diamètre du grand siège. . . . . . . . . | $9^{c},6$ |
| Surface centrale . . . . . . . . . . . . . | $36^{c2},32$ |
| Surface annulaire . . . . . . . . . . . . | $36^{c2},06$ |
| Surface totale . . . . . . . . . . . . . . | $72^{c2},38$ |

Dans une première opération, j'ai limité la levée à $1^{mm},3/4$. La soupape s'est brusquement soulevée sous la pression de $4^{kg},6$ et le levier est venu toucher la pointe de la vis *v*, contre laquelle il est resté appliqué pendant toute la durée de l'essai.

La pression a immédiatement baissé, ce qui montre qu'avec la levée choisie, la soupape débitait plus de vapeur que l'appareil n'en produisait. Au bout de trois minutes, le manomètre ne marquait plus que $4^{kg},4$. A ce moment, j'ai fermé la soupape à la main : elle est alors restée sur ses sièges.

A la seconde expérience, j'ai porté la levée à $2^{mm},2/3$. L'obturateur s'est encore soulevé sous la tension de $4^{kg},6$. La chute de pression dans la chaudière a été beaucoup plus rapide qne dans le cas précédent ; en vingt secondes elle a été de $0^{kg},1$, en quarante secondes de $0^{kg},2$. Au bout de cinq minutes, la tension de la vapeur était réduite à $3^{kg},5$, et au bout de huit minutes à 3 kilog. A partir de ce moment, la pression a encore continué à décroître, mais beaucoup plus lentement, et c'est seulement après un nouvel intervalle de sept minutes que la soupape est retombée sur ses sièges : la pression était alors de $2^{kg},8$.

Pendant la première partie de l'opération, le levier est resté appliqué contre la vis, la levée étant à son maximum, et il en a été ainsi tant que la pression est restée supérieure à 3 kilog. ; puis la soupape s'est mise à danser, et en

dernier lieu la levée n'était plus guère que de $0^{mm},5$.

Dans une troisième expérience, faite dans les mêmes conditions que la précédente et avec la même levée, je me suis borné à laisser descendre la pression de $4^{kg},6$ à $4^{kg},2$, ce qui a demandé un peu moins de deux minutes ; puis j'ai ramené à la main la soupape sur ses sièges, où elle est restée parfaitement appliquée.

Enfin j'ai procédé à une quatrième opération en permettant une levée de 6 millim. La soupape s'est brusquement soulevée à la pression de $4^{kg},6$ et elle a donnée issue à une énorme quantité d'eau et de vapeur. Au bout de trois minutes, la pression n'était plus que de $3^{kg},6$, et l'entraînement d'eau avait été si considérable que la chaudière s'était vidée partiellement. Le ménisque de son indicateur Lethuillier-Pinel, qui marquait 6 de trop d'eau, était descendu à l'extrémité inférieure de sa course.

Pendant cette expérience, le levier n'est pas resté appliqué contre la vis d'une manière permanente, mais dans les oscillations de la soupape, il se soulevait au point de venir fréquemment en contact avec cette vis.

*Soupape n° 2.*

| | |
|---|---|
| Diamètre du petit siège . . . . . . . . . | $2^{c},7$ |
| Diamètre du grand siège. . . . . . . . . | $7^{c},0$ |
| Surface centrale . . . . . . . . . . . . . | $5^{c2},72$ |
| Surface annulaire . . . . . . . . . . . . | $32^{c2},76$ |
| Surface totale . . . . . . . . . . . . . . | $38^{c2},48$ |

La levée ayant été limitée à 4 millim., la soupape a commencé à fonctionner à la pression de $4^{kg},5$, et elle a fourni aussitôt une grande quantité d'eau et de vapeur en dansant, le levier atteignant dans ses oscillations la limite de sa course. Après trois minutes, la tension de la vapeur est descendue à $4^{kg},2$ ; à ce moment, la soupape a cessé de danser et elle est restée dans une position à peu près fixe, à 2 millim. environ au-dessus des sièges : la pression a

encore continué à baisser un peu, et au bout d'un certain temps elle est devenue constante et égale à 4 kilog. ; la soupape débitait alors autant de vapeur que la chaudière en produisait. Cet état de choses pouvant se prolonger indéfiniment, j'ai fait couvrir le feu au bout de dix-huit minutes et alimenter la chaudière, afin de réduire la tension ; l'aiguille du manomètre est aussitôt descendue un peu au-dessous de 4 kilog. et la soupape s'est refermée d'elle-même.

On voit par ce second exemple que lorsque le diamètre de la partie centrale est relativement faible, la soupape est ramenée sur ses sièges par une chute de pression qui n'a rien d'excessif. Au contraire, l'exagération de ce diamètre oblige à fermer la soupape à la main pour éviter une trop grande diminution de tension de la vapeur. Dans ce dernier cas, il est prudent de limiter la levée au moyen d'un arrêt, afin d'éviter une vidange partielle de la chaudière.

La soupape imaginée par M. Codron présente une puissance d'action illimitée. Le seul reproche que l'on puisse lui adresser est qu'elle comporte un double siège ; je pense toutefois que, moyennant quelques soins dans sa construction et dans son entretien, on pourra, dans les usages journaliers, la maintenir suffisamment étanche. Les suintements de vapeur qui peuvent se manifester sont d'ailleurs sans inconvénient sérieux, car la chambre H est en communication avec l'atmosphère par l'orifice *o*, qui servirait au besoin à évacuer la vapeur provenant des fuites.

Les termes de l'article 6 du décret du 30 avril 1880 admettent implicitement que les soupapes actuellement en usage ne sont en réalité que des appareils indicateurs d'excès de pression ; celle que je viens de décrire est, au contraire, d'une efficacité complète et rend impossible toute surélévation de pression dans les chaudières.

---

# RAPPORT
# DE LA COMMMISSION
## CHARGÉE D'EXAMINER
# LE FREIN A AIR COMPRIMÉ
# DE M. WENGER (*)

Par M. VICAIRE, ingénieur en chef des mines.

Le frein de M. Wenger, mis en expérience au chemin de fer d'Orléans, est fondé, comme le frein Westinghouse, sur l'emploi de l'air comprimé.

Cet air agit avec des pressions variables sur les deux faces, d'inégale étendue, d'un piston qui commande les sabots des freins. Si les pressions sont égales de part et d'autre, le piston obéit à l'action exercée sur la plus grande face; si l'on détermine une dépression sur celle-ci, le piston se meut en sens contraire; les choses sont disposées de façon que les freins se desserrent dans le premier cas, se serrent dans le second. Il y a, pour chaque voiture, deux pistons placés dans un même cylindre; c'est en faisant écouler l'air de l'espace intermédiaire qu'on produit le serrage. Les parois du cylindre se prolongent au delà de l'espace dans lequel jouent les pistons, formant ainsi à ses

(*) Cette Commission était composée de MM. Rousselle, inspecteur général des ponts et chaussées, *président;* Tournaire, inspecteur général des mines; de Fontanges, inspecteur général des ponts et chaussées; Mayer, ingénieur en chef du matériel et de la traction à la compagnie des chemins de fer de l'Ouest; Vicaire, ingénieur en chef des mines, *rapporteur*.

deux extrémités des capacités constamment pleines d'air comprimé. De la sorte, chaque voiture porte un approvisionnement d'air comprimé qui est mis en rapport avec les faces extérieures des pistons. Les tiges de ces pistons sont pourvues de garnitures étanches.

Les mouvements de l'air dans l'appareil de chaque voiture ne sont pas réglés par un distributeur unique comme la triple valve de M. Westinghouse, mais au moyen de plusieurs soupapes distinctes (*). L'appareil de commande placé sur la machine se compose également de deux organes distincts : un robinet qui permet d'ouvrir en grand la conduite d'air et de produire le plus rapidement possible l'écoulement de l'air et par conséquent le serrage, et un régulateur qui permet de modérer à volonté le serrage. Ce dernier organe, analogue dans son rôle au robinet de M. Westinghouse, bien que d'une disposition différente, pourrait à la rigueur être conservé seul; en le poussant à fond de course, on obtient le serrage complet, mais la manœuvre est un peu plus longue que celle du robinet direct, et le résultat obtenu au moyen de cet appareil seul serait par conséquent moins satisfaisant au point de vue de la sécurité.

Dans sa disposition primitive, qui existait sur le train de la compagnie d'Orléans lors des premières expériences auxquelles la Commission a assisté, le 17 novembre 1881, le frein comportait deux conduites distinctes, communiquant toutes deux avec le réservoir d'air comprimé placé sur la machine et avec la pompe de compression, et mises en rapport, l'une, avec les deux extrémités de chaque cylindre, l'autre, avec l'espace moyen, intermédiaire entre les deux pistons. L'une et l'autre servaient à amener l'air dans le cylindre; la seconde servait seule pour le serrage

(*) Ces soupapes n'existent plus dans la disposition récente décrite en note ci-après.

qui s'obtenait en interceptant sa communication avec le réservoir d'air comprimé pour la mettre en communication avec l'atmosphère. En maintenant d'une manière permanente cette communication avec l'atmosphère, on pouvait, par l'autre conduite, employer le frein comme frein à air comprimé direct, non automatique.

M. Wenger a pensé que cette faculté n'offrait pas un avantage suffisant pour compenser les inconvénients d'une double conduite, et qu'une seule conduite pouvait suffire pour le fonctionnement automatique normal du frein, les avantages de modérabilité qu'il attribue à celui-ci subsistant en entier. Il a donc supprimé la conduite dite « de serrage » pour ne conserver que la conduite dite « de desserrage », celle qui communique avec l'espace intermédiaire entre les deux pistons. Par suite de cette suppression, les deux réservoirs qui forment les extrémités du cylindre ne sont plus en communication directe avec le réservoir d'air comprimé; ils ne sont plus alimentés que par l'air que laissent passer les garnitures des deux pistons; ces garnitures sont formées de cuirs emboutis qui laissent passer l'air dans le sens convenable et non en sens contraire, et, grâce à l'étanchéité des garnitures, cette alimentation suffit.

Sans entrer dans le détail du mécanisme, disons en quelques mots comment l'appareil fonctionne avec la conduite unique.

Sur la tubulure qui met celle-ci en communication avec le cylindre d'une voiture, sont placées deux soupapes : l'une, dite « soupape d'admission », s'ouvre du côté du cylindre, et empêche l'air, une fois entré dans celui-ci, de revenir vers la conduite; l'autre, dite « soupape d'échappement », ferme un orifice qui débouche dans l'atmosphère (*) ; elle est pressée sur son siège par l'air de la

(*) M. Wenger a modifié en dernier lieu cette disposition, et

conduite, tandis que l'air du cylindre agit pour la soulever. Elle se soulève effectivement dès qu'une dépression se produit dans la conduite, et donne issue à l'air du cylindre dans l'atmosphère. C'est là l'organe essentiel du frein, grâce auquel chaque cylindre se décharge isolément, et non par l'intermédiaire de la conduite générale; c'est ce qui fait que tous les freins peuvent se serrer simultanément, si cette soupape a une sensibilité suffisante.

Là se borne, dans l'état actuel, le mécanisme d'entrée et de sortie de l'air. Le cylindre à freins porte latéralement un canal qui communique avec ses deux extrémités et par lequel l'air y était amené au moyen de la conduite de serrage. Actuellement, ce canal est simplement condamné; dans les constructions nouvelles, il serait muni d'un robinet de vidange permettant de desserrer les freins serrés intempestivement.

Le régulateur du frein Wenger se compose essentiellement d'une boîte à tiroir mise en communication par une tubulure latérale avec le réservoir d'air comprimé, et, par deux lumières ménagées dans la table du tiroir, avec l'atmosphère, d'une part, avec la conduite générale du train, d'autre part. Quand le tiroir est au sommet de sa course (que nous supposons verticale, comme c'est le cas dans la machine d'Orléans), il démasque la lumière de la conduite,

---

voici la construction à laquelle il paraît s'être arrêté, guidé par les résultats que lui a donnés le fonctionnement des pistons moteurs à cuir embouti. L'orifice par lequel l'air du cylindre à freins peut s'échapper dans l'atmosphère est fermé par un obturateur circulaire à glissement. Cet obturateur est lié à la tige d'un petit piston garni d'un cuir embouti qui est pressé sur une de ses faces par l'air de la conduite générale, et sur l'autre, par l'air du cylindre. Quand l'air comprimé afflue dans la conduite du train, il écarte le cuir embouti et passe par là dans la boîte de l'obturateur et dans le cylindre à freins; les freins sont desserrés; quand il y a dépression dans la conduite, l'air du cylindre retenu par le cuir embouti déplace le piston, qui entraîne l'obturateur et démasque l'orifice d'échappement : les freins se serrent.

qui se trouve ainsi mise en communication avec le réservoir d'air comprimé : le frein est desserré. Au bas de sa course, il établit, par l'intérieur de la coquille, une communication entre l'atmosphère et la conduite du train, qui se vide : le frein se serre. S'il n'est pas tout à fait au bas de sa course, la barrette obture partiellement la lumière de la conduite, dont l'air ne peut s'échapper que plus lentement dans l'atmosphère.

Cependant, malgré cette obturation partielle, la conduite finirait toujours par se vider et le frein par se serrer à fond, si le tiroir était tenu en place par une transmission rigide. Il n'en est pas ainsi. La tige du tiroir est attachée à un piston qui ferme par le haut la boîte du tiroir, et ce piston est relié lui-même à la tige de commande par un ressort à boudin. Le cylindre dans lequel est enfermé ce ressort communique par un canal latéral avec la conduite du train, de sorte que le piston reçoit sur sa face inférieure la pression du réservoir, et sur sa face supérieure, celle de la conduite; si cette dernière pression vient à diminuer, il tend donc à remonter avec le tiroir qu'il entraîne, et à restreindre ou à fermer complètement la lumière de la conduite.

Des trois forces qui sollicitent le piston, à savoir : la pression du réservoir, celle de la conduite et la bande du ressort, la première est constante, la troisième l'est sensiblement pour chaque position donnée de la manivelle de réglage, si la longueur du ressort est suffisamment grande par rapport aux déplacements du tiroir; il faut donc pour l'équilibre que la seconde le soit aussi. Ainsi le régulateur doit maintenir automatiquement dans la conduite du train une pression constante dont la grandeur est déterminée par la bande que l'on a donnée au ressort.

Sans nous appesantir sur la construction de la pompe de compression et du raccord d'accouplement, examinons les résultats obtenus dans les essais auxquels la Commission a assisté.

Ces expériences ont eu lieu le 17 novembre 1881. Le frein, ainsi qu'il a été dit plus haut, était encore muni de ses deux conduites. Le train se composait, outre la machine et le tender, de dix voitures et de deux fourgons; on y avait attelé en queue une voiture de la compagnie de l'Ouest munie du frein Westinghouse, afin de constater la possibilité d'actionner ce frein en même temps que celui de M. Wenger. La machine et les deux fourgons n'étaient pas munis de freins à air comprimé. La communication avec la voiture Westinghouse ne fut établie que pendant une partie du voyage de retour.

| | |
|---|---|
| Poids total du train. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 176t,0 |
| Poids enrayé : de Paris à Brétigny et de Juvisy à Paris (sans la voiture de l'Ouest). . . . . . . . . | 113 ,7 |
| Soit 65 p. 100. | |
| De Brétigny à Juvisy (avec la voiture de l'Ouest). | 121 ,2 |
| Soit 69 p. 100. | |

Le tableau joint à ce rapport donne les résultats obtenus. Les arrêts dits « par le modérable » sont ceux dans lesquels on a fait usage du régulateur pour obtenir un serrage partiel. Les arrêts « par le direct » sont ceux dans lesquels on a cherché à arrêter le plus promptement possible.

Ces derniers sont les plus importants au point de vue de la sécurité, qui doit préoccuper spécialement la Commission.

Nous voyons que dans le voyage d'aller, de Paris à Brétigny, pour des vitesses variant de 40 à 75 kilomètres à l'heure, le temps nécessaire pour l'arrêt total a varié de 21 à 26 secondes et le parcours d'arrêt de 140 à 280 mètres. La pression de l'air comprimé dans le réservoir d'air était uniformément de 6 kilog. 1/2.

Au retour, la pression dans le réservoir ne put dépasser 5 kilogrammes aux premières stations; après la suppression de la communication avec la voiture Westinghouse, elle remonta à 6 kilog. 1/2, et l'arrêt, à Ablon, à la vitesse de

80 kilomètres, se fit en 26 secondes. Il y avait sans doute quelque fuite à cette voiture ou quelque défaut dans l'accouplement.

Ces expériences n'ont pas été faites avec assez de précision pour qu'il y ait lieu de chercher à en tirer la valeur exacte de l'action retardatrice exercée par les freins et de comparer celle-ci avec celle que donnent d'autres systèmes. Elles suffisent pour montrer, surtout en ayant égard à ce qu'une partie importante du poids du train n'était pas enrayée, que les résultats sont analogues à ceux que donnent les freins Westinghouse et Smith.

Postérieurement à ces essais, M. Wenger, ainsi qu'il a été dit plus haut, a supprimé la conduite de serrage pour ne laisser subsister que l'autre. Votre rapporteur a fait un voyage, le 5 janvier dernier, dans le train ainsi agencé.

L'insuffisance des moyens dont il disposait ne lui permettait pas de mesurer simultanément la vitesse initiale, la durée et la longueur du parcours d'arrêt. Il s'est borné à évaluer la vitesse initiale et à constater la durée de l'arrêt. Pour des vitesses initiales variant de 45 à 60 kilomètres, il a constaté des durées de 15, 17 et 19 secondes, résultats qui sembleraient plus favorables que ceux de la première expérience.

Il a fait faire, étant présent sur la machine, plusieurs arrêts prolongés au moyen du régulateur et s'est ainsi assuré de la possibilité de maintenir un serrage partiel pendant un parcours malheureusement très restreint de 500 à 600 mètres. Les circonstances ne permettaient pas de pousser plus loin cette constatation.

Ces observations du 17 novembre et du 5 janvier, tout imparfaites qu'elles soient, établissent pour le train expérimenté l'efficacité du frein Wenger au point de vue de la promptitude de l'arrêt, et permettent de penser que cette efficacité serait également satisfaisante pour des trains plus longs. C'est un point, d'ailleurs, que la théorie aussi bien

que l'analogie avec les freins antérieurement connus rendaient très probable.

Nous savons en outre que le train muni du frein Wenger fait chaque jour le voyage de Paris à Étampes et *vice versa*, et que les arrêts aux stations s'effectuent d'une manière satisfaisante, le plus souvent au moyen du régulateur.

Au point de vue du service, le frein de M. Wenger satisfait aux conditions suivantes :

Il peut être appliqué à tous les véhicules du train et être mis en action simultanément sur toute la longueur du train par une manœuvre unique que le mécanicien effectue sans l'intervention d'aucun autre agent. Ce n'est pas un simple frein de détresse; il peut être employé dans le service courant, pour les arrêts ordinaires aux stations. Enfin, il est automatique dans le sens qu'on attribue d'ordinaire à cette expression, c'est-à-dire qu'il se serre spontanément lorsqu'une solution de continuité se produit dans la conduite d'air comprimé.

Nous devons faire remarquer cependant, en ce qui concerne la possibilité de l'appliquer à toutes les voitures d'un train, que le frein Wenger n'a encore été essayé que sur un train de 11 véhicules à frein. Pour un train plus long et pouvant aller jusqu'à 24 voitures, il y aurait à se demander si la pompe à air serait suffisante et si le fonctionnement des freins se ferait avec une simultanéité convenable sur toute la longueur du train. Ce dernier résultat dépend principalement de la sensibilité et de l'étanchéité des soupapes, condition assez complexe sur laquelle l'expérience seule pourrait prononcer.

Quant à la question de la pompe, nous pensons qu'il n'y a pas lieu de s'y arrêter. La pompe actuelle est un essai; il n'y aurait au besoin qu'à lui donner des dimensions plus fortes pour suffire à 24 voitures; mais nous croyons savoir que M. Wenger se propose de l'améliorer.

En ce qui concerne les chances de dérangement, l'expé-

rience faite au chemin d'Orléans, depuis environ trois mois, semble encourageante, mais ne saurait être considérée comme décisive (*). Outre le peu de durée de cette expérience, il faut remarquer encore qu'un train unique, qui n'est décomposé que très rarement ou jamais, avec une machine unique conduite toujours par le même mécanicien, est dans des conditions bien plus favorables que le matériel courant d'une grande exploitation. Les remaniements de trains sont la cause principale de la détérioration des caoutchoucs et des défauts dans les accouplements.

Le Comité ne manquera pas de remarquer que nous avons laissé complètement de côté, dans ce qui précède, des questions importantes, comme celle de la modérabilité du frein sur les longues et fortes pentes, celle de la consommation plus ou moins grande d'air ou de vapeur, celle de la durée des appareils, aussi bien que celles des prix d'établissement et d'entretien.

Parmi ces questions, les unes ne pourraient être résolues que par une application plus étendue et une expérimentation plus prolongée du système, les autres auraient présenté des difficultés et exigé des recherches qu'il n'a pas paru opportun d'aborder pour des appareils dont la construction n'est pas encore définitive.

Les résultats acquis et constatés dans le présent rapport sont néanmoins suffisants, non sans doute pour établir une conclusion définitive relativement à la valeur du frein Wenger, mais du moins pour montrer qu'il est digne d'une étude plus complète.

Votre Commission a l'honneur de vous proposer d'émettre

---

(*) D'après un rapport officiel de M. l'ingénieur des mines Zeiller, le frein Wenger, appliqué à partir du 1er novembre 1881 aux trains 53 et 56 entre Paris et Étampes, avait, au 31 décembre 1881, fonctionné sur un parcours de 5.474 kilom. et servi à 1.644 arrêts sans un seul cas de mauvais fonctionnement. Il est à la connaissance de la Commission qu'il ne s'en était pas produit davantage jusqu'à la fin de janvier.

l'avis que la frein à air comprimé de M. Wenger, soit à une, soit à deux conduites, a fonctionné convenablement sur un train composé de 10 à 12 véhicules et paraît digne des plus sérieux encouragements, et qu'il serait très intéressant d'étendre l'expérimentation de ce système, avec les modifications et améliorations annoncées par l'inventeur, à un certain nombre de trains dont la composition devrait pouvoir atteindre 24 voitures.

Paris, le 14 mars 1882.

*Le Président,*
Signé : ROUSSELLE.

*Le Rapporteur,*
Signé : E. VICAIRE.

---

## ANNEXE

---

### ESSAI DU FREIN A AIR COMPRIMÉ WENGER ENTRE PARIS ET BRÉTIGNY

LE 17 NOVEMBRE 1881.

---

(*Temps humide, rails gras.*)

---

COMPOSITION ET POIDS DU TRAIN.

| | |
|---|---|
| Locomotive à 4 roues accouplées, de 2 mètres sans frein de diamètre. . . . . . . . . . . . | 41t,8 |
| Tender (poids moyen) *muni du frein Wenger.* | 21 ,2 |
| 1 fourgon sans frein servi. . . . . . . . . . . | 6 ,5 |
| 10 voitures munies du frein Wenger. . . . . . | 92 ,5 |
| 1 fourgon sans frein servi. . . . . . . . . . . . | 6 ,5 |
| 1 voiture munie du frein Westinghouse. . . . | 7 ,5 |
| Total. . . . . . . . . . . . . . | 176 ,0 |

POIDS TOTAL DES FREINS ACTIONNÉS.

| | | | |
|---|---|---|---|
| De Paris à Brétigny, | 113t,7, | soit 65 p. 100 | du poids total |
| De Brétigny à Juvisy, | 121 ,2, | soit 59 p. 100 | — |
| De Juvisy à Paris, | 113 ,7, | soit 65 p. 100 | — |

| DISTANCES entre les stations. | STATIONS. | MOYENS d'arrêt. | PROFIL. | VITESSE en kilomètres à l'heure. | TEMPS employé pour arrêter en secondes. | CHEMIN parcouru en mètres. | PRESSION de l'air comprimé dans le réservoir. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **De Paris à Brétigny.** | | | | | | | |
| kilom. | Paris | — | — | — | — | — | — | |
| 2,116 | Orléans-Ceinture | Par le modérable | Palier | 45 | 25 | » | kilog. 6 1/2 | |
| 3,293 | Vitry | *Idem.* | Palier | 50 | 36 | 310 | 6 1/2 | |
| 1,011 | Choisy-le-Roi. | Par le direct. | Palier | 68 | 26 | 250 | 6 1/2 | |
| 1,814 | Ablon. | *Idem.* | Palier | 75 | 26 | 280 | 6 1/2 | |
| 1,839 | Athis-Mons. | *Idem.* | Pente 1 1/2. | » | » | » | 6 1/2 | |
| 2,068 | Aiguille de Juvisy | Ralentissement par le modérable | Rampe 3. | » | » | » | 6 1/2 | |
| 0,297 | Juvisy. | Par le direct. | Rampe 3. | » | » | » | 6 1/2 | |
| 2,804 | Savigny | Par le modérable | Rampe 3. | 58 | 45 | 600 | 6 1/2 | |
| 1,702 | Épinay | Par le direct. | Rampe 3. | 60 | 21 | 210 | 6 1/2 | |
| 2,354 | Perray-Vaucluse. | *Idem.* | Rampe 3 1/2 | 40 | 23 | 140 | 6 1/2 | |
| 2,149 | Saint-Michel. | Par le modérable | Rampe 3 1/2 | » | 30 | 450 | 6 1/2 | |
| 3,248 | Brétigny | Par le direct en 2 fois. | Rampe 3 1/2 | 55 | 45 | 350 | 6 1/2 | |
| | **De Brétigny à Paris.** | | | | | | | |
| kilom. | Brétigny | — | — | — | — | — | — | |
| 5,397 | Vaucluse | Par le direct et la contre-vapeur | Pente 3 1/2. | 95 | 45 | 550 | kilog. 5 | |
| 1,056 | Savigny | *Idem.* | Pente 3. | 80 | 42 | 500 | 5 | Frein Westinghouse agissant en queue. |
| 2,904 | Juvisy. | *Idem.* | Pente 3. | 65 | 35 | 495 | 4 | |
| 1,804 | Ablon. | *Idem.* | Palier | 80 | 26 | » | 6 1/2 | Arrêt commandé par le robinet d'une voiture. |

**Observation.** — Dans les trois premières expériences du voyage de retour, la pression d'air ne put dépasser 5 kilog. Après la suppression de la communication avec la voiture Westinghouse, la pression remonta à 6 kilog. 1/2.

## NOTE COMPLÉMENTAIRE

Par M. VICAIRE.

Le frein de M. Wenger n'a pu être décrit dans le rapport ci-dessus que d'une façon sommaire ; en outre, les transformations qu'il a subies pendant le cours des travaux de la Commission, et dont le rapport a dû garder la trace, ont pu laisser quelque confusion dans l'esprit du lecteur. Il ne sera donc pas inutile d'en compléter ici la description en le prenant dans la dernière disposition adoptée par l'inventeur.

On a vu dans le texte que c'est par l'inégalité des surfaces que chaque piston offre de part et d'autre à l'action de l'air que M. Wenger obtient le mouvement dans les deux sens sans intervention de ressorts ou de contrepoids. Cette inégalité est produite par la présence d'un second piston B (*fig.* 4) calé sur la même tige que le piston principal A, qui est pressé en sens contraire de celui-ci, et qui se meut dans un manchon cylindrique venu sur le fond du cylindre principal. Ce petit piston, garni d'un cuir embouti, fait en même temps l'office de presse-étoupes.

L'embase du piston B porte un cuir plat *b* qui vient presser le fond du cylindre quand le piston est à fond de course et complète l'étanchéité du système ; grâce à ce joint supplémentaire, les fuites que pourraient présenter les garnitures des pistons ne déterminent aucune perte d'air à l'extérieur aussi longtemps que les freins sont desserrés.

Le cylindre à frein porte un canal longitudinal venu de fonte qui met en communication les deux extrémités. On le voit en G dans la coupe transversale (*fig.* 5) et la projection en a été figurée sur la coupe longitudinale, par un trait ponctué en GG. Sur ce canal est adapté un robinet de vidange qui permet de desserrer les freins en cas de serrage

intempestif, en faisant écouler l'air des deux compartiments extrêmes du cylindre.

M. Wenger a adopté le diamètre de 200 millim. pour les cylindres à freins de voitures; il donne 340 millim. à ceux des tenders. Ayant remarqué, sans pouvoir l'expliquer, qu'avec ce diamètre l'étanchéité est beaucoup moins bonne, il a conservé deux conduites entre la machine et le tender, de sorte que sur ce dernier véhicule, les compartiments extrêmes des cylindres, formant réservoir, sont constamment alimentés d'air comprimé.

De l'autre côté du cylindre, en son milieu, est implanté le tuyau T de communication avec la conduite du train, tuyau sur lequel est interposée la boîte de distribution X (*).

Cette boîte (*fig.* 9 et 10) se compose d'une partie cylindrique dans laquelle se meut un piston K à cuir embouti; cette partie cylindrique communique par une extrémité avec la conduite générale, au moyen de l'orifice I, et par l'autre avec le cylindre à frein, au moyen de l'orifice J; l'air arrivant de la conduite soulève le cuir embouti pour passer dans le cylindre. Si, au contraire, il y a excès de pression dans le cylindre, ce qui arrive quand la conduite générale se vide, le piston, poussé à fond de course en sens inverse, entraîne un petit obturateur à glissement logé entre deux collets que porte la tige; l'orifice d'échappement est démasqué, l'air interposé entre les deux pistons dans le cylindre à freins s'échappe, les deux pistons se rapprochent et les freins se serrent. L'ensemble de ce piston et de l'obturateur constitue la soupape d'échappement ou, suivant la

(*) La boîte de distribution, qui se trouve figurée sur la coupe transversale (*fig.* 5), n'est pas le modèle définitif décrit ci-après et représentée par les *fig.* 9 et 10. Ce dernier se présente mal dans cette coupe; c'est pourquoi on a laissé subsister l'ancien modèle qui n'en diffère qu'en ce que l'orifice d'échappement est démasqué par le mouvement vertical d'une soupape au lieu du glissement horizontal de l'obturateur.

dénomination adoptée par M. Wenger, la soupape d'équilibre.

La section de cet orifice pouvant être aussi grande qu'on le veut, on peut obtenir un écoulement très rapide de l'air compris entre les deux pistons, et faire, par conséquent, que le serrage ait lieu très peu après que cet orifice a été démasqué. Mais il faut de plus, pour le bon et énergique fonctionnement du frein, que ce dégagement de l'orifice se fasse immédiatement après la manœuvre du mécanicien et simultanément sur les diverses voitures. Il est clair d'ailleurs que la dernière de ces deux conditions, la simultanéité, pourrait avoir lieu à la rigueur sans la première, la promptitude, si tous les appareils étaient parfaitement égaux, mais qu'elle résulte forcément de la première. Il y a donc grand intérêt à ce que les soupapes d'équilibre soient très sensibles; c'est ce qui a été indiqué dans le rapport.

Or, il est clair qu'on peut accroître la sensibilité à volonté en augmentant le diamètre de la boîte, puisque l'effort moteur, qui est la pression sur le petit piston, augmente comme le carré du diamètre, tandis que la résistance à vaincre se compose d'une partie constante, le frottement de l'obturateur, et d'une partie proportionnelle au diamètre, le frottement du cuir embouti.

Des expériences faites récemment à l'atelier par M. Wenger semblent indiquer que la sensibilité est bonne avec les dimensions adoptées par lui.

Voici en quoi ont consisté ces expériences, d'après une note qu'il veut bien me communiquer.

Deux réservoirs A et B, d'environ 200 litres de capacité chacun, munis l'un et l'autre de manomètres permettant d'aller jusqu'à 3 kilogrammes de pression, et gradués en dixièmes d'atmosphère, étaient reliés par un tube sur lequel était interposée une soupape d'équilibre. Le réservoir A, placé en dessous de la soupape, comme la conduite générale dans un véhicule à frein, pouvait être mis en communica-

tion, soit avec une pompe de compression, soit avec l'atmosphère. On y refoulait de l'air qui, de là, passait dans le réservoir B par la soupape d'équilibre, jusqu'à ce que les deux manomètres marquassent l'un et l'autre 3 kilogrammes.

On faisait ensuite écouler très lentement l'air du réservoir A. Quand son manomètre marquait environ $2^k,80$, la soupape fonctionnait, laissant échapper rapidement l'air du réservoir B, jusqu'à la pression de $2^k,7$ environ; alors elle se refermait brusquement.

Ainsi, avec une soupape neuve, il faudrait entre les deux faces du piston une différence de pression de $0^k,2$ pour l'ouvrir, et une différence de $0^k,1$ en sens inverse pour la fermer. On comprend sans peine que ce dernier mouvement s'opère avec un moindre effort, puisque le frottement du cuir embouti, qui n'est plus pressé contre les parois, mais au contraire soulevé, disparaît ou se réduit beaucoup.

La soupape sera-t-elle plus ou moins sensible en service, après un certain temps? C'est ce que l'expérience montrera. Admettons cependant les résultats ci-dessus comme indication au moins approchée.

Avec une pression d'air supérieure à 3 kilogrammes, il faudra de plus grandes différences, puisque toutes les résistances seront augmentées. Soit $p$ la pression de l'air dans la conduite du train (excès sur la pression atmosphérique) $p'$, la pression dans le cylindre à frein, entre les deux pistons; soient S la section du piston, $s$ la surface frottante du cuir embouti et $\omega$ la surface d'appui de l'obturateur, $f$ et $f_1$ les coefficients de frottement. Au moment où la soupape va s'ouvrir, on doit avoir la relation

$$(p'-p)S = f(p'-p)s + f_1 p' \omega,$$

d'où

$$p'-p = \frac{f_1 p' \omega}{S - fs}.$$

Ainsi, la différence de pression $p' - p$ doit être proportionnelle à la pression totale $p'$. D'après l'expérience ci-dessus, le rapport serait $\frac{0,2}{3} = \frac{1}{15}$

Pour l'ouverture de la soupape, en admettant que le frottement du cuir embouti soit alors nul, la relation devient

$$p - p' = \frac{f_1 p' \omega}{S}.$$

Cela posé, si l'on emploie, dans un train, de l'air à 6 kilogrammes, il faudra pour ouvrir la soupape une différence de pression de $0^k,4$; chaque frein commencera à se serrer lorsque la pression, dans le branchement correspondant de la conduite, sera descendue à $5^k,6$ ou aura baissé de $\frac{1}{15}$ de sa valeur.

A cette pression de 6 kilogrammes, la vitesse d'écoulement de l'air dans l'atmosphère, calculée par la formule de Torricelli, est d'environ 400 mètres, et, bien que cette formule donne des résultats trop élevés, nous pouvons nous servir de ce nombre dans une approximation sommaire. Si nous considérons une conduite de 100 mètres de longueur se vidant par un orifice de section égale à la sienne, et si nous l'assimilons à un vase dans lequel règne une pression uniforme, le temps nécessaire pour faire écouler $\frac{1}{15}$ de l'air contenu sera $\frac{100}{400} \times \frac{1}{15} = \frac{1}{60}$ de seconde, temps inappréciable dans la pratique.

En réalité, la dépression ne se produisant que progressivement d'un bout à l'autre de la conduite, le fonctionnement des soupapes n'aura lieu que successivement. Mais il semble résulter de ce qui précède que la sensibilité de la soupape est de nature à donner une simultanéité aussi grande que possible.

Il est à souhaiter que des expériences directes, sur un train monté, puissent être faites, de manière à résoudre péremptoirement la question.

L'énergie du serrage dépend de la pression qui règne entre les deux pistons du cylindre à frein. Pour pouvoir la modérer, il faut pouvoir maintenir cette pression à un degré quelconque intermédiaire entre la pression atmosphérique, qui correspond au maximum de serrage, et la pression qui produit le desserrage.

Or il est évident, par la disposition de la boîte de distribution, qu'il suffit pour cela de maintenir cette même pression dans la conduite générale du train. En effet, dès que l'air du cylindre descend tant soit peu au-dessous de cette pression, le petit piston de distribution tend à se mouvoir en sens contraire, ainsi qu'on vient de le voir, et à fermer l'orifice d'échappement. Après quoi l'air tend à rentrer dans le cylindre à frein par la garniture de ce piston. Ici intervient encore la sensibilité de l'appareil et en outre la flexibilité de son cuir embouti.

Ainsi, à une petite différence près, qui dépend de cette sensibilité et de cette flexibilité, la pression entre les deux pistons des freins reste constamment égale à celle de la conduite générale.

On a expliqué dans le texte comment, par le fonctionnement du régulateur, cette pression se maintient automatiquement à un degré qui est déterminé par la position de la manivelle de réglage. En faisant varier cette position, on peut à volonté augmenter ou diminuer le serrage en marche.

Il est à remarquer que, si les cuirs emboutis du cylindre à frein ne sont pas parfaitement étanches, la pression diminuant sur les faces extérieures des pistons par l'effet des fuites, le serrage diminuera progressivement; il faudrait de temps à autre manœuvrer le régulateur pour diminuer la pression dans la conduite. A la longue, les cylindres finiraient par s'épuiser, et il faudrait, pendant un instant, des-

serrer tout à fait pour les recharger. La manière dont la pression se maintient dans les cylindres au repos (*), permet d'espérer que ce résultat n'est pas pratiquement à redouter, même pendant un serrage prolongé. Néanmoins il sera important de le constater directement sur de longues pentes.

Le raccord d'accouplement est représenté en coupe et en élévation par les *fig.* 11 et 12. Il se compose d'une pièce en fonte malléable dans laquelle est enchassée au centre une capsule perforée en caoutchouc L. Lorsque, sur cette pièce, on en applique une autre semblable, le bord circulaire M de celle-ci vient s'engager sous le talon N de la première et réciproquement, et quand on les fait tourner l'une sur l'autre de manière que l'épaulement Q et le bec R de l'une viennent emboîter le bord P du talon de l'autre, les deux pièces sont complètement liées ensemble. Les deux capsules de caoutchouc pressées l'une sur l'autre forment joint autoclave, car la pression intérieure tend à serrer leurs bords l'un contre l'autre et le trou qu'elles présentent au centre laisse circuler l'air d'un tuyau à l'autre.

Les tubulures des deux raccords sont alors dans des plans formant un angle de 135°, et, en service, leur poids les maintient dans cette position. Pour dégager les deux pièces, il suffit de les faire tourner l'une sur l'autre de manière à ouvrir suffisamment l'angle des deux tubulures. Elles peuvent alors se séparer par une traction longitudinale. Cet effet se produit spontanément en cas de rupture d'attelage par la tension des tubes de caoutchouc. Les deux raccords se séparent alors sans bris de pièces (**).

---

(*) Au chemin de fer d'Orléans, on a trouvé des freins serrés pendant quatorze heures, de six heures du soir à huit heures du matin.

(**) M. Wenger m'informe qu'il a récemment complété son raccord par l'addition d'un cran qui permet de l'accoupler avec le raccord Westinghouse. On peut ainsi atteler ensemble indifféremment des voitures munies des deux systèmes de freins.

Afin de parer aux arrêts intempestifs provenant de fissures ou de déchirures dans les tubes de caoutchouc, M. Wenger se propose de relier ceux-ci aux tubes métalliques de la conduite au moyen de la même disposition de raccords, et non par des ligatures. Dans ces conditions, lorsqu'une fuite se produit par un caoutchouc, on peut immédiatement remplacer celui-ci par un autre. Il suffit que le conducteur ait dans son fourgon quelques caoutchoucs de rechange munis de leurs raccords aux deux extrémités.

Paris, 24 août 1882.

---

## LÉGENDE EXPLICATIVE DES FIGURES (PL. III).

### Fig. 4 et 5. — Cylindre a frein.

A et B, pistons de diamètres inégaux, calés sur la même tige, munis de cuirs emboutis tournés en sens inverse, et formant l'équivalent d'un seul piston à faces inégales.

*b*, cuir plat formant joint sur le fond du cylindre quand le piston est à fond de course, les freins étant desserrés.

G, canal de commmunication entre les deux compartiments extrêmes.

T, tubulure portant la soupape d'équilibre et aboutissant à la conduite générale du train.

### Fig. 6, 7 et 8. — Régulateur.

S, communication avec le réservoir d'air comprimé et la pompe.

D, communication avec la conduite du train.

E, communication de l'échappement avec l'atmosphère.

C, canal mettant la conduite du train en communication permanente avec la face supérieure du piston du régulateur.

La *fig.* 6 correspond au cas du frein desserré. Le ressort n'est pas bandé; égalité de pression dans la conduite D et dans le réservoir S.

*Fig.* 7, serrage modéré. Le ressort est bandé, le tiroir est déplacé de la

quantité nécessaire pour que l'échappement dans l'atmosphère se produise; il y a alors diminution de pression dans la conduite du train proportionnellement à la bande du ressort, après quoi le tiroir se relève automatiquement pour fermer la lumière.

*Fig.* 8, serrage complet. Le ressort étant bandé de la quantité qui correspond à la pression totale dans le réservoir, le tiroir est poussé à fond de course. Il y a communication complète de la conduite avec l'atmosphère et le serrage se produit avec toute son intensité, comme cela a lieu par l'emploi du robinet direct.

### Fig. 9 et 10. — Soupape d'équilibre.

K, piston moteur.
O, obturateur.
Le ressort de l'obturateur a les dimensions suivantes :

| | |
|---|---|
| Diamètre du fil de laiton. . . . . . . . | 1mm,4 |
| Nombre de spires . . . . . . . . . . . | 5 |
| Hauteur de fabrication. . . . . . . . . | 30mm,0 |
| Diamètre extérieur de l'hélice. . . . . | 14mm,0 |

I, communication avec la conduite générale du train.
J, communication avec le cylindre à frein.

### Fig. 11 et 12. — Raccord d'accouplement.

MNPQR, corps en fonte malléable.
L, capsule en caoutchouc.

# CARTE
# DES DIVISIONS ADMINISTRATIVES
## DU SERVICE ORDINAIRE DES MINES

Par M. KELLER, ingénieur en chef des mines.

---

Le service de la statistique de l'industrie minérale a dressé une carte de France représentant les divisions administratives du service ordinaire des mines au 1er juillet 1882, c'est-à-dire les cinq divisions d'inspection, les dix-sept arrondissements et les trente-six sous-arrondissements minéralogiques, non compris l'Algérie. Les résidences des ingénieurs en chef, des ingénieurs ordinaires et des gardes-mines y sont portées, avec des signes distinctifs.

Certaines particularités n'ont toutefois pu être figurées. Ainsi, le sous-arrondissement d'Amiens comprend non seulement les départements de la Somme et de l'Oise, mais encore les arrondissements administratifs de Saint-Omer, Saint-Pol et Boulogne-sur-Mer, à l'exclusion des mines de houille, qui font partie du service du sous-arrondissement d'Arras. Une répartition du même genre existe entre les deux sous-arrondissements de Lille et de Valenciennes, comme entre ceux de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier.

On a indiqué les résidences des ingénieurs et des gardes-mines, dont quelques-unes sont provisoires, d'après l'Annuaire du ministère des travaux publics, en tenant compte

des Décisions intervenues depuis sa confection. Les postes vacants sont marqués comme s'ils étaient occupés.

Il est à peine besoin de faire remarquer qu'une semblable carte ne comprend pas les services de contrôle de l'exploitation des chemins de fer, auxquels sont attachés simultanément des ingénieurs et des agents du corps des mines et du corps des ponts et chaussées, sans parler des inspecteurs de l'exploitation commerciale.

Une réduction de cette carte, que les lecteurs des *Annales des mines* peuvent avoir intérêt à consulter, figure dans la présente livraison, Pl. IV.

---

# ÉTUDE
# SUR LES GISEMENTS DE CHARBON
# ET DE BITUME
# DE LA TRINIDAD

Par M. CUMENGE, ingénieur des mines.

## INTRODUCTION.

*Considérations générales.* — L'île de la Trinidad, possession anglaise dans les Antilles, est située par 10 degrés environ de latitude nord et par 65 degrés de longitude à l'ouest du méridien de Paris.

L'île affecte dans son ensemble une forme rectangulaire; mais au N. O. et au S. O. se détachent, vers le continent sud-américain, deux longs promontoires dont les extrémités ne sont séparées de la *côte ferme* que par une distance de quelques milles.

Le golfe de Paria est compris entre ces limites sur une largeur de 60 milles. Cette vaste étendue d'eau, quoique parfois peu profonde sur la côte de la Trinidad, forme une rade magnifique et très sûre, capable d'abriter toutes les flottes du monde. La pointe N. O. est terminée par plusieurs îles dont les canaux ou *bouches* font communiquer le golfe de Paria avec la mer des Caraïbes. Le canal des *Bouches du serpent*, au S. O., relie le golfe de Paria à l'Atlantique.

La surface de la Trinidad, d'environ 1.800 milles carrés, équivaut à celle d'un comté anglais, le Lancashire par exemple. Une grande variété de sols règne dans l'île, conséquence naturelle de la diversité des formations géologiques de cette contrée ; les cultures de la canne à sucre et du cacao forment sa principale richesse, et pourraient être considérablement développées, car d'une part un dixième à peine du sol de l'île est cultivé, et de l'autre l'émigration indienne y apporte annuellement un contingent de population assez considérable en même temps que l'acclimatation des coolies s'y fait très facilement; cette race sobre et laborieuse fournit de bons travailleurs, qui se fixent d'habitude dans le pays après les cinq années réglementaires de leur engagement.

La couronne leur accorde 10 acres de terre comme dédommagement des frais de rapatriement; par suite de cette concurrence de la race indienne à la race nègre, qui devient tous les jours plus exigeante, les salaires se maintiennent à des prix plus bas que dans les autres Antilles et surtout n'atteignent pas les prix exorbitants que j'ai vu attribuer dans une contrée voisine, le Vénézuela, au travail des noirs émigrants. Il est vrai de dire que la force musculaire des Indiens n'est pas aussi considérable que celle des nègres, et que je ne les crois pas capables de supporter aussi bien que ces derniers le rude travail des mines.

La population de l'île qui, lors de la prise de possession par les Anglais sur les Espagnols en 1797, n'était que de 17.000 habitants, s'est rapidement accrue; en 1871, elle était de 109.000 habitants et s'élève aujourd'hui à 125.000. Le commerce et la production de l'île ont augmenté dans une progression plus rapide que la population et ont triplé dans les vingt dernières années; en 1877, le chiffre des importations était évalué à 42.700.000 francs et celui des exportations à 52.000.000 de francs environ.

La capitale de Trinidad est *Port-of-Spain*, ville de 30.000 habitants, située au N. O., dans un angle du golfe de Paria; le commerce général y est principalement concentré. *San-Fernando*, située également sur le littoral à une trentaine de milles vers le sud, dans le district essentiellement agricole de Naparima, est la seconde ville de l'île; *Saint-Joseph*, *Tacarigna*, *Arima* et *Savana-Grande* sont les centres de population les plus importants après les deux villes citées plus haut.

Il est à peine besoin de faire remarquer que cette contrée jouit sous l'administration anglaise d'une sécurité exceptionnelle relativement aux personnes et aux propriétés. Le développement des voies de communication est l'objet des préoccupations constantes des autorités, et, sous ce rapport, la Trinidad est plus favorisée que certaines contrées européennes. Un excellent service de bateaux à vapeur dessert journellement le littoral occidental. Un chemin de fer, de 18 milles de développement, partant de Port-of-Spain, aboutit à Arima, au centre de l'île vers l'est, et les études sont faites pour le prolonger dans cette direction. Une nouvelle ligne est en construction de Port-of-Spain à San-Fernando, et déjà en exploitation par traction de chevaux jusqu'à Couva; des tramways locaux mettent en communication les principaux centres de production de l'industrie sucrière avec les petits ports d'embarquement du littoral; seule la bande de l'est est déshéritée: elle n'offre pas de ports naturels et la mer est en général très mauvaise sur ce rivage, où les navires ne peuvent atterrir.

Le réseau des routes est aussi fort développé. Le gouvernement local et les particuliers ne reculent pas devant les frais qu'entraîne leur établissement, frais assez considérables, car la nature du sol, qui rend la Trinidad si fertile, est elle-même un obstacle à la facile construction des routes par la rareté des matériaux convenables. Aux environs de Port-of-Spain se trouvent néanmoins des car-

rières d'un calcaire métamorphique bleu à filets blancs, qui donne un bon macadam, et que l'on transporte par mer pour cet usage; à San-Fernando une colline, constituée par un calcaire marneux bitumineux, fournit également les éléments d'un bon empierrement. Dans le quartier de Montserrat, les bons calcaires ne manquent pas non plus; mais, dans toutes les plaines marneuses ou argileuses du Caroni et de Naparima, les matériaux de construction font absolument défaut.

*Topographie.* — Trois principales chaînes de montagnes traversent l'île. La première, parallèle et presque contiguë à la côte nord, court de l'est à l'ouest. La seconde traverse le district central dans une direction générale N. 20° E. La troisième court, comme la première, de l'est à l'ouest, le long de la côte méridionale.

La chaîne du nord se subdivise en deux chaînons parallèles : le premier, émergeant de la mer et rendant le littoral septentrional accore dans presque toute son étendue, a une élévation moyenne de 250 mètres environ; le second atteint, dans son ensemble, des hauteurs de 6 à 700 mètres; quelques pics s'élèvent même, comme celui de Tucutche vers l'ouest, et d'Aripo vers l'est, à 1.000 mètres environ.

Cette chaîne est le prolongement de celle du continent Venezuélien, dont elle est séparée par les îles montagneuses et les bouches dont j'ai parlé. Toutes ces hauteurs sont couvertes d'une végétation tropicale et les forêts peu explorées qui les recouvrent offrent une grande variété de bois précieux à divers titres.

La chaîne centrale, qui commence à Point-à-Pierre, sur la côte occidentale, pour s'étendre jusqu'à l'Ebranche à l'est, a un parcours d'environ 35 milles; vue à distance, elle a l'aspect d'une chaîne peu élevée, avec quelques pics qui la surmontent; mais du sommet d'une des éminences centrales on peut se rendre compte de l'apparente irrégu-

larité de cette contrée montagneuse, découpée par des chaînons latéraux qui émanent de la chaîne principale du Montserrat.

Les plus hauts sommets sont, à partir de l'ouest, Montserrat, Tamana et Mont-Harris, qui ont une élévation moyenne de 300 mètres, et le mont d'Ebranche (250 mètres).

Cette région montagneuse est généralement très fertile et le sol en est admirablement approprié à la culture du cacao. Des forêts recouvrent les parties non défrichées avec quelques beaux spécimens de bois de construction sur les hauteurs, mais les ravines sont remplies d'un tel réseau de broussailles et de plantes rampantes qu'il n'est possible d'avancer qu'avec le sabre d'abatis et au prix des plus grandes fatigues.

La chaîne méridionale n'offre pas la continuité des deux précédentes ; elle commence à la pointe Grancalle, s'abaisse vers la Moruga et se redresse vers l'est, où les pics des Trois-Sœurs atteignent une hauteur de 250 mètres environ. Les pentes de ces hauteurs montrent des précipices souvent abrupts et les vallées sont plutôt des ravines très étroites ; une végétation épaisse couvre cette région, également peu explorée.

L'espace compris entre la chaîne du nord et la chaîne centrale, et qui est d'environ 12 milles, est rempli à l'ouest par des terres basses et unies, à l'est par une surface ondulée ; à 3 ou 4 milles au sud de la base des montagnes septentrionales se présente une dépression dans laquelle coule la rivière principale du Caroni. De la chaîne centrale à la chaîne méridionale, la surface est ondulée et quelquefois coupée par des ravines ; des districts marécageux, généralement situés près des côtes et partiellement envahis à chaque marée, sont plus ou moins submergés durant la saison des pluies. Ils occupent une portion notable du territoire, puisque leur étendue s'élève à 70.000 acres.

L'écoulement des eaux a lieu presque entièrement vers les côtes orientales et occidentales de l'île. La ligne tortueuse de partage se montre dans la chaîne septentrionale, entre les rivières Quare et Aripo, à une élévation de 66 mètres et à une distance de 13 milles de la côte est, et 21 milles de la côte ouest; traversant la chaîne centrale à l'est de Tamana, elle sépare les sources de l'Ortoire de celles du Guaracaro et des rivières qui s'écoulent dans la lagune d'Oropuche. En ce point nommé Savana-Grande l'élévation est de 70 mètres.

*Géologie générale.* — La géologie de la Trinidad a été spécialement étudiée par MM. Wall et Sawkins, qui ont publié en 1860 leur rapport avec cartes et coupes, et je résumerai en quelques lignes les résultats de cette étude, à laquelle ils ont consacré plusieurs années.

Ces auteurs, sans se prononcer sur la correspondance des terrains observés avec la série des terrains classés et dénommés, subdivisent en trois principales formations celles que l'on observe dans l'île sous les noms de : groupe Caraïbe, groupe ancien de Paria, nouveau groupe de Paria.

Le premier appartient aux terrains anciens; il constitue toute la chaîne septentrionale, et est formé de schistes micacés présentant de nombreuses variétés dans la couleur de leur mica, de grès de structure et de dureté variables quelquefois ferrugineux. Les schistes, souvent très quartzeux, renferment des lits ou rognons de quartz vitreux dont la formation est très développée.

Les roches calcaires sont aussi représentées dans cette série par deux variétés : un calcaire cristallin intercalé dans les schistes et alternant avec eux, et un calcaire compact qui forme les montagnes de Lawentill, et apparaît en d'autres points de la chaîne septentrionale superposé aux schistes micacés.

L'ensemble de cette formation ne paraît pas avoir moins

de 3 à 4.000 mètres de puissance; les couches sont généralement et assez uniformément inclinées vers le sud, sous un angle de 40 à 50 degrés; mais des variations nombreuses, des redressements, ou des dislocations partielles sont assez fréquentes.

Le groupe ancien de Paria apparaît sur la côte, à une petite distance de Point-à-Pierre, et forme une bande irrégulière courant dans la direction N. E. Les couches qui le composent consistent en une grande variété de grès assez durs, de schistes et de roches argilo-calcaires présentant un certain degré de dureté. Les calcaires proprement dits y sont rares, extrêmement compacts, et leurs fossiles sont transformés en spath. Quelques éminences, telles que la montagne de San-Fernando, qui émergent au milieu de la série du troisième groupe, sont constituées par la roche argilo-calcaire, qui y est exploitée sous le nom de *gravel*, pour l'entretien des routes. La coupe dans la carrière de San Fernando montre les couches de direction E. O. plongeant de 45 degrés vers le sud; elles sont très fissurées et les clivages à angles droits souvent couverts de spath calcaire; elles offrent aussi une variété de couleur grise foncée, qui est imprégnée de bitume. Des substances bitumineuses semi-fluides, ou plus habituellement liquides, s'échappent du sol en plusieurs endroits, à la base de la montagne, et les sources qui naissent dans le *gravel* sont aussi imprégnées d'huile asphaltique et d'hydrogène sulfuré, circonstances qui montrent que les causes qui ont contribué à la formation de l'asphalte peuvent avoir commencé à agir à l'époque du dépôt de ce terrain asphaltique proprement dit, plus ancien que le terrain de la troisième série, qui repose sur lui en stratification discordante. Quant à l'âge de ce terrain, il est difficile à déterminer en l'absence presque complète de fossiles; ceux que l'on a trouvés seulement dans un calcaire de Point-à-Pierre n'offrent pas de caractère assez précis pour définir la vraie position

géologique. Ceux que l'on a rencontrés sur le continent à Cumana dans une série de terrains analogue se rapporteraient à l'époque de la période secondaire la plus rapprochée, comme ceux de la Nouvelle-Grenade, classés par d'Orbigny dans l'horizon néocomien ou étage crétacé inférieur.

Les couches de cette série ont été partout relevées sous un angle assez fort et deviennent parfois verticales ; il est d'ailleurs très difficile, dans l'intérieur de l'île, où d'épaisses forêts subsistent encore, d'observer des coupes qui fixeraient sur les directions et plongements que des mouvements ultérieurs ont attribués aux couches de cette formation, et de saisir le contact de cette série avec celle du terrain tertiaire constituant le troisième groupe des terrains de Trinidad.

Sans vouloir écarter absolument l'opinion contraire des géologues anglais, je me permettrai de faire observer qu'il me semblerait assez naturel de rapporter cette formation à l'étage inférieur du terrain tertiaire.

La découverte de couches charbonneuses dans les grès de Piparo compris par Wall et Sawkins dans ce groupe ancien de Paria et les circonstances que je décrirai dans l'étude particulière de ce gisement voisin de l'étage à bitume du Guaracaro, me feraient classer ce groupe à la base du terrain tertiaire qui offre des exemples de gisements de combustibles, non seulement en Europe, mais dans la *Prairie américaine* et l'État du *Colorado*.

Le troisième groupe, qui est le plus développé comme étendue et comme puissance, comprend une succession considérable de calcaires, de schistes, de sables ferrugineux, de conglomérats, d'argiles et de marnes occupant les bassins plats du Caroni et de l'Ortoire aussi bien qu'une portion considérable du territoire montueux du centre et du sud de l'île. Ces différentes couches semblent suffisamment reliées les unes aux autres par les fossiles qu'ils ren-

ferment pour former un groupe distinct dont les débris fossilifères présentent une analogie évidente avec la faune miocène.

MM. Wall et Sawkins ont introduit dans ce groupe cinq divisions principales dont les noms sont tirés des localités, et qu'ils désignent sous les noms suivants :

A. — Série de Nariva.
B. — Marnes de Naparima.
C. — Série calcaire de Tamana.
D. — Série carbonifère du Caroni.
E. — Série sableuse de Moruga.

(A). — Cette division est composée d'argiles et de quelques calcaires jaunâtres et forme le terrain sous-jacent des *sols rouges* qui occupent une place importante dans la constitution agronomique de la colonie.

La culture de la canne à sucre est surtout développée dans cette région. Les couches sont généralement très peu inclinées et leur direction est d'environ N. 35° E.

(B). — Cette série comprend une succession de marnes, de conglomérats et de sables calcaires; quelques couches de calcaires en lits de peu d'épaisseur sont parfois interstratifiées dans les marnes, et présentent fréquemment des restes coralliens et spécialement une espèce d'*Orbicella*.

Les roches marneuses à quelque distance au sud et au nord de San-Fernando contiennent du bitume dans leurs fissures ou joints, et sont quelquefois colorées par une imprégnation générale de bitume. Des nodules calcaires, des lits de calcaires et quelques grès sont également caractérisés par la dissémination de cette même matière bitumineuse souvent associée à du soufre. Les couches courent vers le N. O.; elles plongent tantôt vers le S. E., tantôt vers le N. O., sous des angles généralement assez ouverts et atteignent quelquefois la verticale comme dans les falaises aux environs de San-Fernando.

(C). — Le massif de Tamana, l'Ebrauche et Montserrat, présente des calcaires variés de couleur, blancs ou jaunâtres et d'une texture granulaire ou cristalline, dans lesquels on trouve également des fossiles coralliens; la stratification est rarement apparente; cependant le plongement paraît être généralement vers le N. O. sous un angle de 30 à 70 degrés.

(D). — La série composant ces terrains peut être observée sur la côte Est à partir de Manzanilla. Deux divisions peuvent être introduites : les terrains inférieurs non carbonifères et les terrains supérieurs seuls carbonifères. Les premiers consistent en schistes généralement gris foncés, souvent noirs et en argiles fossilifères avec quelques minces couches de sable contenant fréquemment du soufre et quelques cailloux qui proviennent du massif primitif septentrional ou du massif central.

Les seconds renferment des couches de sables, de schistes argileux variés de couleurs; on y remarque des couches de sable massif jaune sous-jacentes à des couches nombreuses, mais généralement peu puissantes, de lignites. L'épaisseur totale de la formation peut être évaluée à plus de 1.200 mètres; elle a été affectée vers les côtes Est et Ouest par des mouvements qui ont imprimé aux couches des inclinaisons assez fortes, ainsi qu'on peut en juger à Point-Noir, où elles s'approchent presque de la verticale. Ce fait est assez frappant, surtout en l'absence complète de roches éruptives apparentes.

Cette série intéressante sera plus particulièrement étudiée dans le cours de ce travail à l'occasion des lignites qu'elle renferme.

(E). — Depuis le sud de la côte de la Trinidad jusqu'à la vallée de l'Ortoire, et même au-delà, existe une série de couches sableuses très développées. Les argiles s'y pré-

sentent rarement, des sables à ciment calcaire en couches peu épaisses, résistant à la destruction de la mer, se montrent sur les grèves à marée basse. Des couches de lignites comme dans la série du Caroni, mais pourtant moins nombreuses, caractérisent aussi ces terrains.

Le fait qui donne à cette série une importance capitale, c'est la dissémination de la matière asphaltique ou plutôt bitumineuse que j'étudierai spécialement dans le chapitre consacré au lac de la Braie.

Une autre particularité à signaler, c'est l'existence de couches spéciales à ces terrains d'une matière appelée *porcelanite* qui se trouve à Erin, à Cedros et à Point-Rouge, près de la Braie; sous cette désignation on comprend des couches de structure compacte, d'une grande variété de couleurs parmi lesquelles prédomine le rouge.

Elles sont fissurées et forment des masses cubiques quelquefois semi-vitrifiées à cassure conchoïdale. Elles dérivent évidemment d'une altération de couches argileuses chauffées et *cuites* pour ainsi dire par la combustion de matières charbonneuses primitives, incluses ou interstratifiées, ainsi qu'on peut le voir à Erin.

*Résumé.* — En résumé, les terrains d'âge tertiaire sont prédominants dans l'île de la Trinidad; les matières intéressantes, au point de vue industriel, qu'ils renferment sont le charbon et le bitume; le premier, dont l'existence avait déjà été signalée dans la série du Caroni, dans les conditions que j'étudierai ultérieurement; le second exploité sur une large échelle dans le gisement renommé du lac de la Braie; à ces deux sources de richesse peuvent s'adjoindre les deux gisements récemment découverts que j'ai été appelé à visiter pour la première fois, le charbon du Piparo et le bitume solide ou *Glance-Pitch* du Guaracaro.

Ces terrains tertiaires présentent une grande analogie

avec ceux de la province de Sienne où existent de riches gisements de mercure que j'ai visités, et les phénomènes appelés ici *mud-volcanos* sont si rapprochés des *suffioni* italiens que j'espérais rencontrer quelques manifestations de la présence du mercure, si souvent en relation d'ailleurs avec les matières bitumineuses. Mes recherches à cet égard ont été infructueuses.

Dans la formation ancienne du nord de l'île auraient pu se rencontrer quelques richesses métalliques sous forme de filons; aussi n'ai-je pas négligé de me renseigner à cet égard.

M. l'abbé Poujade, curé du Carénage, qui s'occupe beaucoup de minéralogie et a parcouru en tous sens ces montagnes d'un accès si difficile, m'a assuré qu'il n'existait aucun gisement métallique à découvert, et s'il a été question de quelques échantillons de galène, les doutes émis sur leur provenance ne m'ont pas encouragé à entreprendre de ce côté dans l'intérieur une exploration fort difficile, et qui n'aurait eu aucun résultat pratique en l'absence de voies de communication.

Le présence de quartz supposés aurifères m'ayant été signalée le long de la rivière Sainte-Anne, j'ai attentivement parcouru cette région dans laquelle la formation quartzeuse est très développée, mais je n'ai trouvé nulle part de filons véritables; des blocs de quartz de grandes dimensions proviennent uniquement de la destruction des couches schisteuses dans lesquelles ils sont abondamment distribués sous forme de rognons ou de lits; leur aspect vitreux les différencie d'ailleurs des vrais quartz aurifères et l'ensemble ne présente aucun des caractères de la formation aurifère que j'ai pu étudier dans le Venezuela.

L'essai des échantillons rapportés n'ayant pas accusé la présence de l'or a confirmé ces conclusions.

## I. — Combustibles de la Trinidad.

*Considérations économiques générales.* — Par sa position dans les Antilles, l'île de la Trinidad appelle naturellement l'attention toutes les fois qu'un gisement de combustible y est signalé.

Le développement de la marine à vapeur qui exige l'approvisionnement de dépôts dans des stations si éloignées des centres de production, la création de vastes usines pour l'industrie sucrière se substituant peu à peu aux petites usines locales, tout concourt pour créer des débouchés considérables, et il est facile de prévoir *a priori* qu'un gisement sérieux, situé dans la région équatoriale, serait en mesure de lutter, soit avec les charbons anglais, soit avec les charbons américains qui commencent à faire leur apparition.

Quoique les lieux de dépôts des grandes lignes transatlantiques françaises et anglaises soient principalement la Martinique, Cuba et Saint-Thomas et que l'île de la Trinidad soit en dehors de la ligne des grands parcours, elle n'en est pas assez éloignée pour qu'on ne puisse pas compter qu'elle pourrait devenir un centre d'approvisionnement, et que non seulement le marché de toutes les Antilles, mais celui de l'Amérique centrale et méridionale, lui serait ouvert.

Les conditions de sécurité du golfe de Paria, les facilités de transport qui sont plus développées dans cette colonie que dans les autres Antilles et dans le continent adjacent, s'ajoutent aux considérations précédentes pour motiver suffisamment l'étude que j'ai été conduit à entreprendre sur ce combustible dont des échantillons de bonne qualité avaient été envoyés en France.

Pour fixer les idées sur les conditions générales du commerce du charbon à la Trinidad, je donnerai les détails suivants : ainsi que je l'ai fait remarquer, le peu de pro-

fondeur de la mer sur la côte occidentale ne permet pas aux navires d'un fort tonnage d'aborder à quai dans les ports de Port-of-Spain ou de San-Fernando; les navires mouillent au large et c'est par gabarres que s'effectuent les chargements et déchargements; en ce qui concerne le charbon, trois pontons servent de dépôts.

Les charbons importés proviennent généralement de Troon ou de Glasgow, et rarement du pays de Galles; le fret d'Angleterre par bateaux complets est actuellement de 12 shillings et le prix de revient paraît être de 30 à 31 francs sous palan à Port-of-Spain ; le prix de vente en gros à bord des pontons serait de 8 gourdes ou 40 francs; le transport par gabarres des pontons au quai s'élève de 2f,50 à 3 francs par tonne, mais pourrait être réduit à un taux inférieur par des arrangements spéciaux; on voit d'après ces détails que les prix atteints par le combustible sont très rémunérateurs.

15.000 tonnes de charbon sont annuellement importées et alimentent uniquement la consommation locale pour le service du chemin de fer d'Arima, des paquebots de San-Fernando et du Venezuela, des sucreries, etc...

La compagnie transatlantique et le *Royal steam Company* n'ont pas de dépôts de chargement à la Trinidad.

Cette consommation locale est déjà considérable, mais si l'on considère que les frets de retour par voiliers de Port-of-Spain à un point quelconque des autres Antilles pourraient être obtenus, ainsi que je m'en suis assuré, au taux modique d'une gourde à une gourde et demie, soit 5 francs à 7f,50 par tonne, on voit qu'un marché bien plus vaste serait réservé aux combustibles de la Trinidad, s'ils pouvaient lutter avec les charbons européens pour le service des paquebots.

Pour juger de l'importance qu'une exploitation pourrait acquérir, il me suffira de dire que chaque bateau de la compagnie transatlantique à son passage à Fort-de-France

charge 5 à 600 tonnes de charbon à l'aller et au retour de Colon à quinze jours de distance.

L'administration anglaise s'était déjà préoccupée de la question : à la suite du long séjour des géologues Wall et Sawkins dans la colonie et de leur rapport publié en 1860, des expériences furent faites sur les lignites découverts par eux à Point-Noir sur la côte de l'Est, tant au point de vue de la nature de ce combustible que de son utilisation pour les besoins industriels. Malgré la création du chemin de fer d'Arima, postérieure à la découverte du gisement et qui s'avance vers l'Est jusqu'au milieu de l'île, les difficultés d'accès sont encore aujourd'hui extrêmes, et comme la bande de l'Est, furieusement battue par les vagues en toute saison, n'offre aucun port d'embarquement, il faut toujours compter sur la traversée entière de l'île, soit environ 30 milles pour ramener dans un centre abordable les produits de la côte orientale; cette éventualité remet à une époque encore bien éloignée le moment où il sera permis d'entreprendre une exploitation des lignites de l'Est avec quelques chances de succès.

Le gisement du Piparo au contraire que je devais visiter, se trouvant peu éloigné de la côte occidentale et à proximité de tramways existants, offrait à première vue des conditions favorables. La qualité du charbon reconnue par des essais antérieurs faits à Paris sur des échantillons, et par un essai industriel sur le bâtiment l'*Eider*, de la marine anglaise, ne laissait plus comme inconnues du problème que les circonstances même du gisement.

### (A). — Lignites de la bande de l'Est.

*Situation et conditions géologiques.* — Je ne crois pas inutile d'indiquer comme terme de comparaison dans quelles conditions se présentent les lignites du terrain ter-

tiaire signalés sommairement dans l'étude géologique générale.

Ils apparaissent dans le district de Manzanilla et le long du rivage qui s'étend de la pointe Manzanilla vers le Sud jusqu'à 1 mille au-dessous de la rivière Oropuche.

Cet intervalle est coupé par des étendues de terres basses et marécageuses ; mais entre elles se dressent des falaises dans lesquelles on peut suivre les affleurements des couches de lignite généralement inclinées de 45° vers le Nord, mais atteignant parfois la verticale comme à Point-Poloma ; une succession considérable de couches d'épaisseur variable forme l'ensemble de cette série du Caroni.

Les sables, les argiles et les schistes argileux les plus variés comme couleur et comme structure, renferment soit des couches d'argiles charbonneuses, soit de véritables couches de charbon dont le nombre est de plus de trente, mais dont l'épaisseur est quelquefois réduite à quelques pouces ; trois ou quatre de ces couches méritent seules l'attention, leur épaisseur atteignant un maximum de 3 pieds qui me paraît être, dans les conditions ordinaires, la limite d'exploitabilité.

*Nature du charbon.* — Quant à la nature des charbons de Manzanilla, l'étude complète qui en avait été faite en 1857 par M. Sawkins et par sir R. Murchison à Londres sur des échantillons, avait fourni, entre autres, les résultats suivants :

1° La densité de ces charbons varie de 1,2 à 1,4 ;

2° La couleur de leur poussière est généralement brune ou rougeâtre, indiquant ainsi une conversion incomplète de la matière végétale et rangeant ces charbons dans la catégorie des lignites ;

3° La proportion de cendres variant de 2 1/2 à 5 p. 100 n'excède pas celle qu'on trouve dans les charbons analogues, d'autant plus qu'une notable proportion de ces cendres

est soluble dans l'eau et est due à la présence du sel marin accidentellement associé à la matière dans ces couches battues par la mer ;

4° La proportion de soufre due à la présence de pyrites est assez considérable et varie de 1/2 à 5 p. 100;

5° La proportion de carbone fixe varie de 40 à 50 p. 100; le coke qui résulte de la distillation est rarement aggloméré.

On trouvera plus loin dans le tableau comparatif des combustibles de la Trinidad, les résultats auxquels m'a conduit l'analyse de l'échantillon de Point-Noir que j'ai rapporté.

*Conclusions relatives au lignite.* — Sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans de plus amples développements, je ne crois pas à l'exploitabilité des couches de la Bande de l'Est par les raisons suivantes :

Les conditions d'accès n'ont pas été sensiblement modifiées depuis l'expédition de MM. Wall et Sawkins ; les frais d'extraction et de transport à la baie de Manzanilla, ces derniers, entrant pour la plus forte part, s'étaient élevés à 100 francs environ par tonne, et quoique ce prix ait été atteint dans des conditions anormales, il fournit cependant la mesure des difficultés à vaincre.

Le relèvement des couches exigerait des travaux développés en profondeur, et la nature des couches sableuses et argileuses encaissantes apporterait un obstacle très sérieux à leur exécution, tant à cause des difficultés de soutènement que par suite des eaux d'infiltration que le voisinage de la mer et des terrains marécageux amènerait en abondance.

Il n'est pas impossible d'admettre que ces couches se prolongent dans l'intérieur de l'île et quelques traces ont été reconnues sur les bords de la rivière Sangre ; mais des recherches ou sondages seraient le seul moyen certain de

s'assurer de l'existence et de la puissance des couches soit vers l'Ouest, soit en des points accessibles par le chemin de fer d'Arima.

Une considération d'un autre ordre conduit à la même conclusion, relativement à l'inexploitabilité des lignites de l'Est : connaissant l'esprit d'entreprise des Anglais, on peut être assuré qu'une tentative d'exploitation aurait été faite depuis que l'existence des charbons de Manzanilla est connue, si elle avait présenté quelque chance de succès. Or, les concessions sont toujours libres, malgré les prix peu élevés de 25 francs l'acre auxquels la Couronne vend les terrains et le taux modique de 1 shilling par acre auquel elle fixe la redevance annuelle pour permis de recherches.

### (B). — Charbon de Williamsville.

Je signalerai incidemment ce gisement situé non loin de celui du Piparo que j'avais particulièrement à examiner.

Il se trouve sur la route de San-Fernando à Montserrat.

La compagnie sucrière coloniale a fait exécuter sur ce terrain lui appartenant quelques travaux superficiels montrant l'existence d'une couche de charbon friable, d'une puissance qui s'élève, dit-on, à 4 pieds, à peu près verticale et dirigée E. O.

Deux petits puits foncés sur la couche et dans un terrain argileux et mouvant ont été rapidement bouchés et il ne m'a pas été possible de reconnaître les conditions du gisement.

J'ai seulement pu me procurer un échantillon du charbon précédemment extrait, que la compagnie employait accidentellement pour le chauffage de ses chaudières en l'ajoutant à la *bagasse* ou débris de canne à sucre ; on trouvera dans le tableau comparatif les résultats de l'analyse de ce charbon.

Au point de vue industriel, ce gisement ne présente pas d'intérêt; l'exploitation en serait fort difficile à cause de la nature du terrain encaissant, et l'emploi de ce combustible pulvérulent serait nécessairement très limité.

## (C). — Charbon du Piparo.

*Situation topographique.* — Ce gisement a été découvert il y a environ deux ans sur les propriétés de M. E. Cipriani, situées sur les bords du Piparo, petite rivière qui prend sa source dans les montagnes de Montserrat et forme l'un des affluents du Guaracaro.

Cette localité est distante de la côte occidentale de l'île d'environ 6 milles; le port le plus voisin est San-Fernando, situé à 8 milles, vers le S. O; mais un port d'embarquement appelé *la Union*, sur le Guaracaro, navigable en toute saison pour gabarres de 16 à 20 tonnes et situé à 2 milles de San-Fernando, serait plus particulièrement indiqué comme lieu de dépôt : c'est en ce point que sont embarqués les produits des plantations du district.

De bonnes routes mettent en communication le quartier de Montserrat soit avec San-Fernando, soit avec la route qui suit le littoral.

Actuellement un tramway appelé Guaracaro-Tramway part de l'embarcadère de l'Union, arrive à Williamsville situé à 4 milles vers l'est, et continue en se rapprochant du gisement.

Ce tramway vient d'être acheté par le gouvernement, qui se propose d'y installer la traction à vapeur et de le pousser dans l'intérieur vers l'Est en le raccordant d'ailleurs au chemin de fer en construction de Port-of-Spain à San-Fernando, actuellement en exploitation jusqu'à Couva.

Le tracé suivra la vallée du Guaracaro et passera environ à 1/2 mille du point où les affleurements ont été découverts.

On voit, d'après ce qui précède qu'il n'y a plus comme

pour les lignites de l'Est, d'obstacles tenant à l'éloignement des ports d'embarquement ou aux difficultés d'accès.

L'étendue de 60 acres de terrain appartenant à M. Cipriani forme un rectangle dont le grand côté E.-O. est perpendiculaire au cours du Piparo; ces terrains ne sont pas défrichés, néanmoins un chemin d'exploitation les relie à la grande route du Guaracaro, et la trace dans la forêt vierge qui aboutit aux affleurements est de peu de longueur; la végétation, quoique assez luxuriante, n'offre point cependant les ressources forestières que l'on admire dans d'autres points de l'île, et elle accuse une nature particulière de terrain peu favorable aux développements des essences précieuses comme dans les régions analogues que j'ai visitées.

La double vallée du Guaracaro et du Piparo, qui coulent parallèlement l'un à l'autre à la hauteur de l'endroit qui nous occupe, se relève à l'ouest et est bordée par les mornes dont j'aurai l'occasion de parler à propos du bitume, dont le gisement est très voisin de celui du charbon; vers l'Est, une série de collines dont les points culminants ne s'élèvent pas à plus de 50 mètres au-dessus de la vallée, forment les contreforts d'un chaînon parallèle à la chaîne centrale de Montserrat.

Des ravines à sec, dans cette saison, découpent en outre cette région dont la topographie est fort difficile à étudier à cause de la végétation qui recouvre la contrée.

*Géologie.* — En l'absence de points propices à une étude géologique, il n'est guère possible de se rendre compte de la nature du terrain que par les blocs roulés que l'on rencontre dans les ravines; ce terrain est principalement constitué par des grès à grains fins, blancs jaunâtres, assez durs.

Ces grès s'observent sur une étendue d'environ 1 mille 1/2 de l'Ouest à l'Est en partant du Piparo, et d'un mille dans

la direction normale, formant ainsi un îlot au milieu des terrains d'alluvion ou de transport, et se distinguant de la série calcaire des montagnes de Montserrat.

Ils appartiendraient au groupe défini par Wall et Sawkins sous le nom de groupe ancien de Paria et classé par eux comme néocomien. Les analogies qu'ils présentent avec les grès tertiaires de la Patagonie qui renferment également des houilles, et l'absence, qu'il faudrait admettre, de toute la série de la craie supérieure, me feraient incliner à penser qu'ils appartiennent réellement à l'étage inférieur des terrains tertiaires.

Aucun fossile ne se rencontre dans ces terrains pour donner la solution du problème, et la relation des couches ne permet pas en ce point de tirer des conclusions précises.

*Nature du gisement.* — Quoi qu'il en soit de l'âge de ce terrain, il présente un réel intérêt par le dépôt charbonneux qu'il renferme. Un éboulis dans une des ravines allant au Piparo avait découvert une couche de combustible, et sur cet affleurement quelques tonnes de charbon avaient été ramassées; le propriétaire s'était contenté de soumettre ce charbon à quelques essais, fort satisfaisants d'ailleurs, mais aucun travail de déblaiement n'avait été exécuté. J'ai fait procéder à ce travail indispensable et l'ai complété par une tranchée qui m'a permis de recouper une série de petites couches et une couche principale, et de reconnaître la vraie nature des roches encaissantes.

Le croquis *fig.* 3, pl. V, donne la coupe et la représentation du terrain dans la tranchée.

1. Couche supérieure de charbon de $0^m,20$.
2. Couche de grès de $0^m,75$.
3. Deuxième couche de charbon de $0^m,25$.
4. Couches de grès blanc jaunâtre et de $1^m,50$ d'épaisseur totale.
5. Couche principale de charbon de $0^m,50$.

6. Couche de sable noirâtre de 0m,30.

7. Faisceau de 0m,30 composé de couches charbonneuses de 0m,01 à 0m,05 séparées par des lits sableux noirâtres.

8. Grès noir de 0m,30 d'épaisseur.

9. Deuxième faisceau de 0m,30 d'épaisseur.

10. Couche de grès noirâtre de 0m,60.

11. Troisième faisceau de 0m,20 composé de très minces veinules charbonneuses.

Dans une ravine perpendiculaire à la direction des couches, j'ai pu par un déblai mettre à nu les conches principales et constater leur continuité à 150 mètres environ de la tranchée primitive. Les travaux, quoique restreints, suffisent pour fixer les idées sur le peu de développement qu'atteignent les couches charbonneuses.

*Nature du charbon.* — Cette constatation est d'autant plus regrettable que la nature du charbon est excellente. Le tableau ci-après indique les résultats des essais, et fait ressortir les avantages que possède ce charbon tertiaire, comparativement aux lignites de Point-Noir, au charbon friable de Williamsville, ou à divers lignites du continent européen.

Ce charbon se rapproche par son pouvoir calorifique, par la petite quantité de cendres qu'il renferme et par sa faculté de donner un coke solide, des houilles anciennes de bonne qualité; peu friable même dans ses affleurements qui ont dû cependant subir les influences atmosphériques, il paraîtrait parfaitement approprié à tous les usages industriels, et l'on n'est pas étonné du jugement favorable porté dès l'origine par le commandant de l'*Eider*, qui, après essai, l'avait déclaré supérieur au charbon d'Écosse et égal comme rendement à celui de Newcastle.

| NATURE du charbon. | PROVENANCES. | COMPOSITION. | | | | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Carbone fixe. | Matières volatiles. | Cendres. | Pouvoir calorifique. | |
| Lignites. | Brüx (Bohême) . . . . . | 34,0 | 44,0 (après dessiccation) | 3,7 | 55,0 | Coke pulvérulent. Cendres ferrugineuses. |
| | *Point-Noir* (Trinidad) . . | 43,0 | 53,0 | 4,0 | 58,6 | Coke pulvérulent. Cendres siliceuses. |
| | *Williamsville* (Trinidad). | 38,8 | 57,8 | 3,4 | 55,0 | Coke aggloméré friable. Cendres ferrugineuses. |
| | Fuveau (Bouches-du-Rhône). . . . . . . . . | 55,0 | 34,0 | 7,0 | 60,0 | Coke pulvérulent. |
| Houilles. | *Piparo* (Trinidad) (échantillon moyen) . . . . . | 52,6 | 45,0 | 2,4 | 77,8 | Coke résistant. Cendres ferrugineuses. |
| | *Piparo* (Trinidad) (morceau analogue au jayet). . . . . . . . . . | 57,8 | 38,6 | 3,6 | 84,0 | Cendres siliceuses. |
| | Grand'Combe . . . . . . | 70,2 | 25,6 | 4,2 | 86,2 | Coke assez résistant. |
| | Pays de Galles. . . . . . | 80,4 | 16,6 | 3,0 | ? | Coke excellent. |

***Possibilité d'exploitation.*** — Il existe bien des exemples d'exploitation de couches de houille qui n'ont pas une épaisseur supérieure à $0^m,50$; la solidité de la roche du toit, la possibilité de sous-caver dans la couche sableuse du mur et dans le faisceau charbonneux qui lui succède en faisant tomber d'un seul coup la totalité du charbon, seraient des conditions assez favorables, et peut-être pourrait-on tenter cette entreprise en tout autre endroit ayant un rayon rapproché de vente assurée, mais il me semble de toute évidence qu'il faudrait être assuré de l'existence d'une couche considérable facile à exploiter, et ce n'est pas ici le cas.

En effet quelle extension en direction attribuer à la couche? En pays houiller proprement dit, les probabilités seules de développement ne suffisent pas et l'on s'en assure préalablement par des sondages; pour les houilles tertiaires les exemples de bassins développés ne sont pas une exception, et il suffit de citer celui de la *Prairie* américaine qui a une immense étendue, et les lignites de la Bohême qui

joignent à la régularité des couches sur une grande extension des épaisseurs de combustible remarquables.

*Conclusions.* — Dans le cas qui nous occupe nous ne sommes pas en présence d'un dépôt sédimentaire effectué sur de vastes espaces; des actions locales indéterminées ont redressé les couches sans que l'on retrouve ici la trace de roches éruptives qui accompagnent les lignites de Bohême et ont modifié dans certains cas leur position première. Aussi bien à Point-Noir qu'au Piparo, c'est en profondeur qu'il faudrait attaquer la couche de houille, par des puits proportionnés au champ d'exploitation que l'on voudrait préparer; si l'on trouve dans un terrain solide comme les grès du Piparo des conditions plus favorables que dans les sables et argiles du Caroni, et si l'on n'a pas non plus à prévoir des épuisements disproportionnés, il n'en est pas moins vrai que l'éventualité de travaux préparatoires très considérables doit faire abandonner l'idée d'un commencement d'exécution immédiat.

Des sondages préalables devraient être entrepris au toit de la couche, et à une certaine distance de ses affleurements; peut-être rencontrerait-on ainsi des *plateurs* présentant la couche avec une épaisseur plus considérable que les *dressants*, ce cas se présentant quelquefois; peut-être traverserait-on des couches sous-jacentes plus puissantes, ce sont là autant d'alea sur lesquels la prudence exige que l'on ne compte pas, et en l'état de la question, je crois qu'on doit regarder la couche du Piparo comme inexploitable.

Les développements que je donnerai ultérieurement à l'occasion de l'exploitation possible du bitume solide du Guaracaro me dispensent d'entrer dans le détail des frais de transport pour corroborer l'opinion précédente basée sur les conditions propres du gisement.

Par suite de l'obliquité des couches, on peut espérer que le défrichement de la forêt mettra en évidence d'autres

affleurements; je les ai inutilement cherchés, mais il est vrai de dire que j'ai rencontré des difficultés énormes de cheminement.

En tout cas, les terrains de décomposition et de transport recouvriront toujours ces localités de leur impénétrable manteau, et, à moins d'un hasard heureux, c'est nécessairement aux travaux de sondage qu'il faudra avoir recours.

Je me borne à signaler cette localité comme intéressante pour l'avenir, et comme devant fixer l'attention des ingénieurs qui seraient appelés à étudier de nouveau les ressources de cette contrée.

---

## II. — Bitumes de la Trinidad.

### (A.) — Lac de la Braie.

*Considérations géologiques générales sur le bitume.* — Sans entrer dans des détails qui m'entraîneraient à des développements hors de proportion avec mon sujet, je rappellerai à propos du lac de la Trinidad les principales formes sous lesquelles le bitume ou ses dérivés se présentent dans la nature, et la série des terrains dans lesquels on rencontre ou on exploite cette matière.

Quoique *asphalte* et *bitume* soient deux appellations souvent appliquées indistinctement, le nom d'asphalte doit plutôt être réservé au calcaire bitumineux dont les gisements typiques sont ceux de Seyssel et du val de Travers, l'*asphalte* étant ainsi un carbonate de chaux parfaitement pur imprégné naturellement de bitume, par un phénomène géologique dont les circonstances et l'époque précise sont encore inconnues, dans la proportion de 7 à 10 de bitume

pour 93 à 90 de calcaire. Cette imprégnation intime permet les deux usages principaux auxquels la roche asphaltique donne naissance :

La fabrication du ***mastic asphaltique*** et la ***compression*** de la roche réduite en poudre pour la confection des chaussées.

Le mastic asphaltique, qui est la base des enduits formant les trottoirs, les chapes de voûtes dans certaines circonstances, les terrasses, etc., est obtenu par la fusion de la roche asphaltique avec une certaine proportion de bitume d'autres provenances parmi lesquelles le bitume de la Trinidad tient une assez large place; à ce titre et par suite du développement que ce mode de dallage est appelé à obtenir, on comprend l'intérêt qui s'attache au gisement considérable que je décrirai ultérieurement. Le bitume libre ajouté à la roche asphaltique pour obtenir le mastic ne forme en poids que 7 à 8 p. 100 de la matière; néanmoins si l'on considère que la seule mine de Seyssel jette annuellement dans la consommation environ 9 à 10.000 tonnes d'asphalte, on comprend que les sources naturelles de bitume soient partout recherchées.

Plusieurs des gisements de bitume proprement dit sont maintenant épuisés, ainsi celui de Bastennes dans les Landes qui appartenait à la série des sables bitumineux, dont font partie ceux d'Auvergne exploités à Chamalières, Lussat, etc., près de Clermont.

Les molasses bitumineuses existent également sur les bords du Rhône aux environs de Seyssel; elles ne contiennent que 5 à 6 p. 100 de bitume et ne peuvent pas lutter avec les sables d'Auvergne dont la richesse est presque double.

Si l'on cherche à se rendre compte de la diffusion des matières asphaltiques ou bitumineuses en dehors de la France, on est étonné de les rencontrer aussi répandues, sans parler d'un produit dû sans doute aux mêmes origines,

le pétrole, qui a fait la fortune d'un territoire des États-Unis.

Le bitume se rencontre en Syrie, au Caucase, en Crimée, en Arabie, en Perse, aux îles Ioniennes, en Portugal, en Espagne, au Texas, au Pérou, mais c'est surtout dans les Antilles et le continent adjacent que nous trouvons des manifestations importantes du phénomène géologique spécial qui nous occupe; Cuba, la Barbade, la Trinidad, et sans doute d'autres îles encore, présentent des circonstances particulières dans leurs gisements, et le continent voisin en renferme en abondance; les provinces de Mérida et de Caro, celle de Macaraïbo surtout, le district de Maturin (Venezuela), dont le sol est imprégné de bitume, la Nouvelle-Grenade, le long de la vallée de la Magdalena, toutes ces contrées pourraient être appelées à devenir des centres de production si des difficultés, provenant surtout de l'absence de voies de communication ne devaient empêcher de tenir compte de ces accumulations de richesses.

En ce qui concerne la formation géologique, il est possible de rapporter à trois divisions principales la nature des dépôts asphaltiques ou bitumineux.

Le premier cas est celui où les roches encaissantes et adjacentes sont d'origine ignée; tel est, paraît-il, l'asphalte de Cuba où, d'après M. Taylor, le bitume se présente sous forme de veines cunéiformes dans une série de roches métamorphiques et magnésiennes, parmi lesquelles dominent les serpentines, les diorites et les euphotides.

Le pétrole coule aussi sur plusieurs points de cette île à travers les fissures de la serpentine.

L'asphalte du mont Liban est aussi représenté comme contenu dans une roche ignée et volcanique.

Le second cas est celui où les roches qui renferment le bitume sont stratifiées et appartiennent aux époques primaire ou secondaire. Le mode de gisement consiste habi-

tuellement alors soit dans une dissémination en forme granulaire de la matière bitumineuse à travers la couche entière, soit dans des sources de pétrole et de naphte sortant du sol ou s'écoulant des fissures du terrain.

Les calcaires bitumineux ou asphaltes du val de Travers et de Seyssel sont un exemple de ce cas, ils appartiennent l'un et l'autre à la formation oolithique; d'autres calcaires bitumineux, notamment celui d'Orbagnoux, appartiendraient à l'étage jurassique moyen.

L'imprégnation néanmoins ne paraît pas contemporaine du phénomène de sédimentation auquel est due la formation jurassique, car l'eau qui tenait en dissolution le calcaire n'a pas pu dissoudre le bitume; elle est donc postérieure à l'époque du dépôt et même postérieure à la formation des molasses vertes du terrain tertiaire, puisque les molasses sont imprégnées de bitume dans les mêmes conditions que le calcaire.

Le troisième cas, qui doit particulièrement m'occuper, puisqu'il comprend le bitume de Trinidad et même le glance-pitch, est celui où les dépôts sont concentrés dans des formations d'âge tertiaire. Les bitumes de Pegu, de Macaraïbo, et probablement aussi plusieurs de ceux dont j'ai fait l'énumération sommaire, rentrent dans cette division et ont eu le même mode de dérivation.

Le terrain asphaltique proprement dit se compose à la Braie de sables et de schistes, de grès sableux bruns et rougeâtres superposés, tantôt à des sables blancs mobiles sans trace d'asphalte, tantôt à des schistes et à des argiles diversement colorés. Les coupes du plateau asphaltique que je donne, *fig.* 1, Pl. V, d'après l'ouvrage de MM. Wall et Sawkins publié par le *Geological survey*, et dont j'ai pu sur ce terrain découvert vérifier l'exactitude, présentent non seulement un intérêt scientifique, mais par assimilation, les diverses circonstances qu'elles reproduisent doivent fournir des indications précieuses pour se rendre

compte du gisement de glance-pitch, qui appartient au même étage géologique, quoiqu'il diffère par la nature de son minerai.

De ces diverses indications, je retiendrai les suivantes :

Faible inclinaison des couches argileuses et sableuses sous-jacentes au terrain asphaltique.

Voisinage de grès divers généralement plus inclinés avec traces de lignite ou de charbon.

Intensité du phénomène donnant la mesure de ce qu'on est en droit d'espérer dans des recherches entreprises à peu de distance au milieu d'une contrée qui peut être prise pour type des régions asphaltiques et où se rencontre le dépôt considérable que je vais décrire.

*Lac de la Braie. — Position, topographie et géologie.* — Le lac de bitume est située sur la côte occidentale de Trinidad vers la pointe La Bréa, promontoire qui marque le commencement de la langue de terre que projette dans le sud vers le continent le rectangle principal de l'île.

La distance en ligne droite du Nord au Sud étant de 25 milles entre Port-of-Spain et San-Fernando, et la distance de l'Est à l'Ouest entre San-Fernando et La Braie étant de 10 milles, c'est environ 35 milles qu'il faut parcourir pour se rendre par mer de Port-of-Spain à la pointe La Bréa. Un service quotidien de bateaux à vapeur relie San-Fernando à la capitale ; deux fois par semaine seulement le bateau poursuit sa route jusqu'à Cedros, extrémité S.-O. de l'île en touchant à la Braie.

En ce point, comme sur presque toute la côte, des bancs sableux empêchent l'accostage, et c'est en canot que l'on aborde au village de La Braie, localité de peu d'importance, à laquelle l'usine de fusion du bitume qui y est établie donne seule un peu d'activité.

Le lac lui-même est situé à 1 mille de la côte ; on y accède par une bonne route qui monte insensiblement du

village situé au bord de la mer jusqu'au plateau du lac à une altitude de 45 mètres.

Le bitume se manifeste dans le village même, et c'est sur une couche assez puissante s'avançant dans la mer que l'on débarque; des masses discontinues se présentent le long de la route, et jusqu'au lac lui-même, dont une description minutieuse peut seule donner l'idée, car les détails donnés à cet égard dans les ouvrages spéciaux, notamment dans le *Guide pratique de l'asphalte et du bitume*, par Léon Malo, auquel j'ai emprunté quelques-uns des détails qui précèdent, laissent à désirer au point de vue de l'exactitude, et le nom lui-même attribué à ce dépôt a pu contribuer à fausser les idées. Ce n'est point un lac desséché, une sorte de mer morte que l'on a sous les yeux, mais une étendue de 40 hectares environ de matière bitumineuse solide sur laquelle piétons et voitures peuvent circuler. Cette aire n'est pas uniforme, des canaux sinueux remplis d'eau la sillonnent, de petits îlots terreux avec végétation d'arbres et de broussailles en rompent la monotonie, et aux bords se profilent les silhouettes des palmiers carates, et des autres arbres du pays.

Au milieu du lac, il existe encore deux ou trois centres d'émission de la matière bitumineuse; en ces points et jusqu'à une certaine distance, la matière conserve le degré de plasticité qu'elle devait avoir dans l'origine et qu'elle a perdu par l'évaporation des huiles volatiles; à l'odeur *sui generis* du bitume s'ajoute celle de l'hydrogène sulfuré qui se dégage en même temps; des efflorescences salines composées principalement de chlorure de sodium se montrent par place.

Les canaux environnants sont remplis d'une eau sulfureuse et colorée, tandis que plus loin l'eau est assez pure pour entretenir l'existence de nombreux petits poissons; malgré l'énorme évaporation qui est la conséquence de la température excessive qui règne particulièrement dans cette

partie de l'île protégée des brises de mer par la végétation environnante, ces canaux ne sont jamais à sec; doit-on attribuer uniquement ce fait à l'abondance des eaux pluviales, ou admettre des sources intérieures? la question est de peu d'importance, mais le fait est assez bizarre en lui-même pour être signalé.

La forme elle-même de ces canaux jette un certain jour sur la façon dont la matière a été émise, et je serais très disposé à admettre sur ce point l'explication fournie par MM. Wall et Sawkins.

Ainsi que ces auteurs le font remarquer, il a dû y avoir de nombreux centres d'émission de matière bitumineuse analogues à celui qui existe encore comme un témoin affaibli des actions qui ont produit l'imposant phénomène. Chacune des aires bitumineuses a eu son centre d'action par lequel la matière bitumineuse plastique s'est élevée, contenant un mélange de substance huileuse agissant comme dissolvant. Cet élément s'évaporant graduellement et avec plus de facilité vers la surface exposée aux rayons du soleil, on comprend que deux masses adjacentes, s'avançant l'une vers l'autre en vertu de la plasticité de la matière à l'intérieur, se rejoignent sans se souder puisque leur surface est sèche et non adhésive, laissant entre elles une dépression dont la forme indiquée par la coupe, *fig.* 2, Pl. V, est précisément celle des canaux aqueux dont j'ai parlé.

L'espace entre les canaux n'est pas parfaitement de niveau, mais presque sans exception montre une légère courbure dont le sommet occupe le centre. — La température de l'eau dans la partie la plus chaude du jour a été trouvée de 96 degrés Fahrenheit, tandis que celle de l'air à quelque distance était de 88 degrés.

Il n'y a pas d'inclinaison perceptible de la surface générale du lac.

Le sol des endroits du lac où poussent des arbres et des broussailles est semblable à celui du plateau asphal-

tique adjacent, c'est-à-dire une base sableuse imprégnée de matière bitumineuse; ce sont sans doute des restes de la surface primitive, ou des points où la partie principale du bitume a été déplacée, laissant le mélange terreux en excès. De petites bosses ou protubérances de quelques pouces de diamètre sont très communes à la surface; elles sont toujours creuses et semblent avoir été soulevées par une pression de gaz développés par la transformation de la matière.

La pointe de La Braie est couverte de blocs et fragments de couches bitumineuses dispersées, mais on ne doit pas conclure que ces parties soient elles-mêmes issues du lac, la solidification de l'asphalte semi-fluide aurait eu lieu bien avant que le parcours n'ait été effectué, et ce ne sont que des manifestations, dans un terrain analogue et à un moindre degré, du même phénomène qui a trouvé dans la disposition primitive du sol un exutoire approprié pour l'accumulation sur un espace restreint de la masse énorme que son éclosion devait amener en ce point.

Pour se faire une idée de la quantité de matière bitumineuse accumulée, il suffit de calculer que d'après la surface chaque pied de profondeur entraîne l'existence de 158 000 tonnes, et que si la profondeur réelle de la couche est probablement inégale, on doit admettre au moins une profondeur moyenne de 20 pieds, soit un total de plus de 3.000.000 de tonnes.

Quoique l'on doive s'élever contre l'opinion admise que c'est là un dépôt inépuisable, opinion accréditée par une observation superficielle des faits qui se produisent, on voit que l'extraction annuelle, qui n'est que de 15.000 tonnes, laisserait un vaste champ pour l'avenir. Si les cavités dans lesquelles on fait l'extraction se remplissent du jour au lendemain, c'est en vertu de la nature du produit lui-même qui cède sous une pression extérieure; mais il n'en est pas moins vrai que le bitume extrait n'est pas renouvelé, et que

l'action ancienne et peu connue qui l'a produit a presque cessé de nos jours ses effets.

*Conditions économiques de l'exploitation.* — Le lac est une propriété de la Couronne qui l'a louée à une société pour une période ayant encore quarante ans à courir.

Le loyer annuel est de 3.000 livres sterling (75.000 fr.), mais ce loyer comprend également le droit de couper les bois sur une étendue de *dix milles carrés* entourant le lac, le bois étant employé à la fusion du bitume ainsi que je l'expliquerai ci-après.

Quelques petites compagnies exploitent également sur une échelle restreinte l'asphalte environnant le lac, dont la qualité est inférieure à cause de la plus forte proportion de matières terreuses. (Voir le tableau des analyses des échantillons rapportés.) La production de ce chef est à peine 1 dixième de l'exportation totale.

L'ensemble de l'exportation pour l'année précédente a été de 16.000 tonnes, dont 11.000 d'asphalte brut et 5.000 d'asphalte épuré; cette quantité se décompose de la manière suivante: France 3.000 tonnes, États-Unis d'Amérique 5.000, Angleterre 3.000; le reste sur le continent et principalement en Allemagne.

Le bitume brut est pioché au pic sur le lac et chargé en gros morceaux sur des tombereaux qui le conduisent jusqu'au rivage; des canots ou gabarres le transportent jusqu'aux navires mouillés à quelque distance par suite du peu de fond; il est chargé en vrac et d'ordinaire par chargements complets, à raison d'environ 40 tonnes par jour de chargement.

L'asphalte brut rendu sur le rivage se vend actuellement 4 gourdes, soit 20 francs, la tonne et une livre, 25 francs sous palan dans la baie de la Braie.

Au mode primitif de transport par charrettes pourrait facilement être substitué un transport par tramway; la

pente régulière du terrain permettrait de l'établir sans grands frais.

On fait actuellement subir une sorte d'épuration à la matière brute ; cette opération consiste uniquement à chasser par une fonte graduée la proportion d'environ 30 p. 100 d'eau que la matière contient à l'état brut. Cette fonte s'opère dans des chaudières circulaires en fonte servant dans les colonies à la cuisson du sucre : 6 chaudières sont réunies dans le même massif et chauffées directement à feu nu. 8 tonnes d'asphalte sont chargées et la manipulation se fait en 24 heures, exigeant le concours de 5 hommes et employant pour le chauffage 2 cordes de bois. Le bitume fondu est puisé à la poche et versé dans des barils à farine. 6 barils contiennent un peu moins d'une tonne et le logement de la matière coûte 2 gourdes par tonne. Le prix de vente actuel sous palan de l'asphalte épuré est de 60 francs.

Aux prix de vente ci-dessus cités pour le bitume soit brut, soit raffiné, sous palan à la pointe La Braie, il faut ajouter le fret en Europe; il varie de 32 à 38 francs par tonne pour les ports de France, de sorte que le prix du bitume refondu de la Trinidad ressort en France à 100 francs la tonne environ.

On pourrait améliorer les conditions du travail d'épuration en adoptant une forme et une construction plus rationnelles des fours, qui permettraient d'employer comme combustible les résidus bitumineux eux-mêmes au lieu de bois.

Enfin, si au lieu de se borner à expulser simplement l'eau, on procédait sur place à une véritable épuration analogue à celle qui s'effectue en France sur ce même produit, on obtiendrait sans aucun doute des prix plus rémunérateurs, car la gangue terreuse augmente inutilement dans une forte proportion les frais de transport.

On distillait autrefois une partie du bitume de la Trinidad

et on en retirait une huile dont on se servait pour dissoudre une autre partie de ce bitume et lui donner, en le purifiant par décantation une consistance plus en harmonie avec l'usage auquel il est destiné. A cette opération dispendieuse, on a substitué la suivante : on a remplacé l'huile de distillation du bitume lui-même par un produit goudronneux obtenu dans la distillation des schistes bitumineux qui, à la température de 15 à 20 degrés, a l'aspect d'un bitume complètement liquide; il est employé à raison de 300 kilog. pour 900 kilog. de bitume brut, et l'on fond le mélange à une température d'environ 120 degrés. Après une sorte d'ébullition due à l'évaporation de l'eau, les matières terreuses ou sableuses se précipitent au fond de la chaudière et on décante en le filtrant le bitume purifié.

Le bitume refroidi présente alors à peu près l'aspect et la consistance de celui qui est obtenu par la distillation des molasses, et est assez apprécié sur le marché.

Des émanations hydrocarburées naturelles existent aux environs du lac, notamment à Oropuche, où un forage entrepris par les Américains a fourni un naphte liquide qui m'a paru de bonne qualité, sans odeur sulfureuse, ni apparence grasse. Ce serait peut-être la source à laquelle on pourrait puiser pour obtenir à peu de frais cet élément de purification.

En outre la venue au jour du bitume semi-fluide dans certaines parties du lac mériterait qu'on étudiât la possibilité d'extraire et d'utiliser par des distillations ce produit moins chargé de matières terreuses et conservant encore les principes volatils que l'exposition à l'air et au soleil lui font bientôt perdre.

Il me suffit de ces indications générales pour faire comprendre combien il serait intéressant et à un certain point facile d'améliorer les conditions de ce commerce de bitume, qui ne répond pas par son développement à l'ampleur du phénomène géologique que j'ai essayé d'analyser.

### (B.) Gisement de bitume du Guaracaro.

*Situation et topographie.* — Le gisement de bitume d'une nature particulière qui a fait l'objet de mes études a été découvert récemment par M. Sainte-Luce d'Abadie dans le district de Montserrat, quartier du Guaracaro. Il est très voisin du charbon du Piparo précédemment décrit et n'en est séparé, en ligne droite, que par une distance d'un mille environ. Le tracé du tramway du Guaracaro qui suit la grande route passera à 400 mètres du point où le glance-pitch a été découvert.

La région qui nous occupe offre une série de coteaux arrondis, ou *mornes*, suivant l'expression locale, d'une faible altitude (30 à 50 mètres) au-dessus du niveau du Guaracaro, qui, prenant sa source dans la région montagneuse de Montserrat, coule d'abord du Nord au Sud pour s'infléchir vers l'Ouest après avoir reçu les eaux de son affluent le Piparo.

De nombreux petits ravins sinueux, à sec dans la saison d'été, découpent la région et lui donnent une physionomie spéciale bien différente des vastes plaines légèrement ondulées qui s'étendent vers le Sud avec leurs riches cultures de canne à sucre, et de la région montueuse du Nord avec ses plantations de cacaoyers qui croissent vigoureusement à l'abri des grands arbres qui les protègent.

Les forêts vierges couvrent encore une partie de la contrée environnante et notamment la rive gauche du Piparo, mais sur la rive droite du Guaracaro et sur l'ensemble du terrain avoisinant le gîte, les forêts ont disparu depuis que la Couronne a cédé aux coolies les 10 acres réglementaires qu'elle met à leur disposition lorsqu'ils se fixent dans le pays. Quelques plantations de bananiers et de manioc au milieu des broussailles témoignent plutôt du peu de besoins matériels de la nouvelle population que de la fertilité du sol.

*Géologie.* — La constitution géologique du sol, bien qu'elle présente certains phénomènes particuliers dont j'ai déjà parlé dans l'étude générale du terrain de la Trinidad, ne pouvait fournir d'indices certains de la présence de matières bitumineuses, et c'est à un hasard heureux qu'est due la découverte du gisement.

Il est bien rare, en effet, dans les régions tropicales, qu'on arrive à trouver ces coupes naturelles ou artificielles dans lesquelles on peut suivre la succession des couches et étudier leur âge respectif; lorsque la forêt ne recouvre pas le sol de son inextricable végétation, que les défrichements ont mis à nu le terrain, on se trouve en présence soit *de dilurium* puissants, soit de produits de décomposition des terrains qui atteignent des épaisseurs inconnues dans nos pays et qui sont la conséquence naturelle de l'intensité des phénomènes atmosphériques dans ces climats.

La région du glance-pitch en particulier et les mornes qui la recouvrent sont constitués superficiellement par des sables argileux et ferrugineux avec fragments de grès aux angles peu arrondis, et nulle part, si ce n'est dans la fouille entreprise pour mettre à nu le bitume, n'apparaissent nettement les couches d'argile marneuse qui constituent le terrain de gisement.

Quelle est la relation existant entre ces couches et les terrains avoisinants, quel âge peut-on leur attribuer ? Ces questions n'ont pas seulement un intérêt scientifique et de leur étude on peut dégager, ce me semble, quelques conclusions applicables à l'extension et à l'exploitabilité du gîte; aussi entrerai-je à cet égard dans quelques développements.

Les hauteurs de Montserrat au Nord du gisement sont constituées par une série de couches de grès calcaires et de conglomérats calcaires et ferrugineux que l'on peut suivre sur la route de Mayo partant de Warden's house près du village de Tortuga pour aboutir au village de Poonah. Elles ont une direction à peu près N. E., et plongent vers le

Nord sous un angle de 45 degrés; quelques-unes sont remplies de fossiles appartenant à la faune tertiaire parmi lesquelles j'ai reconnu les espèces suivantes :

*Arca subscapulina*, *Cardium multicostatum*, *Ostrea saccellus*, *Corbula?*, *Tellina elliptica*; quelques gastéropodes paraissant appartenir aux genres *Mitra* et *Turbo*, quelques *Bryozoaires* et quelques traces de Polypiers.

Tous ces fossiles sont d'un âge assez récent et la plupart se retrouvent dans les faluns de la Touraine, ce qui indique que le terrain doit probablement être rapporté à l'étage *miocène*.

Une bande sableuse appelée *White-Land* lui succède au nord du village de Poonah, composée de sables blancs mouvants; et c'est au contact de ce terrain sableux et des conglomérats calcaires que se montrent les sources du Morichal.

Des grès rougeâtres à gros grains terminent l'espèce de falaise formée par le terrain miocène au N. O. de la vallée du Guaracaro et du Piparo; au S. E. se trouvent les grès signalés dans l'étude sur le gisement de charbon avec un plongement inverse; n'ayant pas trouvé de fossiles dans ces grès, il m'est difficile d'établir leur corrélation avec les couches fossilifères de la partie septentrionale, néanmoins leur *facies* me ferait incliner à penser qu'ils représentent la base du terrain miocène précité et la falaise opposée du terrain sédimentaire dont un soulèvement et une érosion auraient interrompu la continuité.

Entre ces deux falaises se serait déposé le lambeau de terrain argilo-marneux dans lequel la couche de bitume a été découverte. Ces argiles elles-mêmes étant recouvertes par le terrain de transport que l'on rencontre depuis les grès rougeâtres faisant suite aux *White-Lands* au Nord jusqu'aux dépôts modernes de la vallée du Guaracaro.

Doit-on considérer les couches argileuses à bitume comme un lambeau de terrain pliocène d'âge plus récent,

reposant sur le terrain miocène en stratification discordante, ou simplement comme une représentation sur une échelle beaucoup plus vaste du phénomène que j'ai retrouvé dans la même région et connu sous le nom de *mud-volcanos* ou volcans de boues. Dans plusieurs localités de Trinidad on retrouve ces sources boueuses avec émanations gazeuses et hydrocarburées, à *Cedros* notamment et auprès de *Monkey-Town;* celles que j'ai observées sont situées sur la rive gauche du Piparo, à 1 mille environ au nord du gisement de charbon. Une série de petits cônes de $0^m,50$ à 1 mètre de hauteur sont formés par une argile bleutée qui a son centre d'émission au sommet du cône, et qui vient au jour en suspension dans l'eau. Des bulles de gaz apparaissent à intervalles réguliers, une faible odeur bitumineuse et quelquefois sulfhydrique est nettement perceptible; enfin l'eau séparée par filtration est assez fortement chargée en chlorure de sodium.

Ce n'est pas le lieu de discuter théoriquement les causes de ce phénomène, il me suffira d'avoir indiqué la simultanéité des deux faits suivants : venue actuelle d'argile absolument différente des terrains environnants et provenant de l'intérieur, émanation bitumineuse qui l'accompagne, pour justifier l'hypothèse, un peu hasardée peut-être, que j'ai émise, et expliquer l'origine de la couche de bitume dans l'argile, ce mode de gisement étant, à ma connaissance, le premier de ce genre qui ait été signalé.

Quelques blocs de bitume sont disséminés dans le conglomérat sableux qui recouvre les argiles, et c'est la présence de quelques-uns de ces débris dans les ravins qui a guidé le propriétaire dans ses recherches et l'a déterminé à entreprendre des fouilles qui ont mis à nu la couche de bitume dans les circonstances qu'il me reste à définir.

*Travaux exécutés.* — Les travaux exécutés consistent en

une fouille présentant l'aspect de deux rectangles accolés de 20 mètres sur 5 mètres (Pl. V, *fig.* 4).

Le déblai suivant une direction N. E. a fait rencontrer à une profondeur variant de 8 à 10 pieds la couche de bitume solide. Ainsi que le montre le croquis, *fig.* 5, Pl. V, cette couche est intercalée dans une argile marneuse grisâtre que recouvre le conglomérat sableux et ferrugineux.

Vers le N. O. de la fouille, le conglomérat repose directement sur la couche, qui a évidemment été dénudée lors de l'érosion du terrain et du dépôt de la couche d'alluvion au milieu de laquelle des blocs de bitume de grosseur variable sont intercalés.

Une circonstance particulière démontre également que dans cet endroit la couche de bitume a été exposée aux influences atmosphériques, car la nature du bitume en contact avec le dépôt ferrugineux n'est pas identique à celle du bitume sous-jacent; il est plus charbonneux, si l'on peut s'exprimer ainsi, et ne prend son aspect caractéristique que lorsqu'il est encaissé dans l'argile, ainsi qu'on le voit à quelques mètres de distance.

Comme le montrent les deux coupes normales, Pl. V, *fig.* 5 et 6, le bitume forme une couche continue légèrement ondulée, d'épaisseur un peu variàble. La direction générale est N. 40° E., le plongement est vers le Sud et atteint 15 degrés sur l'horizontale dans la partie septentrionale pour devenir beaucoup moins prononcé dans la partie opposée de la fouille. En ce point la couche semble régulière et sensiblement horizontale, elle présente une épaisseur de 4 pieds. Le bitume qui la compose forme une masse compacte à cassure brillante et largement conchoïdale, sans mélange de terre ou d'impuretés.

*Possibilités de l'extension de la couche.* — Les travaux exécutés sont évidemment sujets à la critique, car malgré l'importance du déblai, qui peut être évalué approximati-

vement à un millier de mètres cubes de terre fouillés et transportés à grands frais sur la tête à quelque distance, ils n'ont pu fournir une indication suffisante sur l'allure et la continuité de la couche. Néanmoins en dehors de cette fouille principale, quelques petits travaux donnent des indications précieuses. Ainsi, à 150 mètres du point principal dans la direction N. 40° E. qu'affecte la couche, le bitume a été trouvé à quelques pieds du sol avec son épaisseur de 4 pieds ; une fouille exécutée dans la partie haute du terrain a rencontré le bitume à 40 pieds de profondeur, montrant d'après la différence des cotes entre ces deux points la presque horizontalité de la couche dans cette direction et son existence à la distance d'environ 300 mètres du point principal.

Vers le S.-O., l'existence de la couche a pu être aussi constatée; on peut donc, sans être taxé d'optimisme, conclure au développement du phénomène géologique que les travaux ont mis à découvert en quelques points, et qui ne peut, à mon avis, exister à l'état d'exception en un point fortuitement choisi.

Les points de comparaison ne sont pas faciles à trouver en dehors de l'île de la Trinidad, les gisements bitumineux affectant des formes toutes différentes dans les localités d'où sont jusqu'à présent tirées des quantités considérables de matières analogues. A la Trinidad même, le lac de la Braie, d'après la description détaillée qui fait l'objet d'un chapitre de cette étude, montre en résumé l'intensité du phénomène dont les effets se produisent encore à la période actuelle, couvrant une superficie de 90 acres d'une épaisseur considérable de bitume, et offrant une source presque inépuisable de matière bitumineuse.

Le mode de formation doit avoir été analogue ici, et c'est sans doute à des sources souterraines produisant des épanchements horizontaux qu'il faut rapporter l'existence si remarquable de la couche de Glance-Pitch.

La configuration du sol à l'époque de la formation aura eu une influence considérable sur l'épaisseur du dépôt d'une matière sans doute plastique à son origine comme celle qui émerge encore de nos jours au milieu du lac de la Braie, et l'on ne pourrait pas affirmer en l'état actuel la continuité de l'épaisseur constatée dans des travaux peu développés; peut-être trouvera-t-on des amas plus puissants encore remplissant les creux primitifs du terrain; peut-être, dans le cas que je considérerais comme plus favorable, la couche conservera-t-elle sa régularité et son épaisseur de 1$^{m}$,20 appropriée à une exploitation souterraine, analogue à l'exploitation d'une couche de houille; ces deux hypothèses sont permises; mais en face des résultats acquis par des fouilles exécutées à une certaine distance, je n'hésite pas à exprimer l'opinion que la couche reconnue doit s'étendre sur la partie S. O. du terrain de la concession, et probablement sur les terrains limitrophes, donnant ainsi un champ problable d'exploitation suffisant pour un long avenir.

*Nature du bitume. — Glance-Pitch.* — Le bitume du Guaracaro est solide et dur à la température ordinaire; sa couleur est d'un noir brillant, sa cassure largement conchoïdale.

Il a une densité de 1,33; chauffé à 100 degrés, il se ramollit légèrement; vers 300 degrés, il devient demi-fluide.

A la température ordinaire, il dégage une odeur spéciale moins forte et surtout moins désagréable que celle du bitume ordinaire du lac. Il est presque entièrement soluble dans le sulfure de carbone.

Le tableau ci-après, renfermant l'analyse des divers bitumes de la Trinidad, fournit les termes de comparaison.

| DÉSIGNATION. | CARBONE fixe. | MATIÈRES volatiles. | CENDRES. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| Bitume brut ordinaire du lac de la Braie. . . . . . . . . . . . . | 3 | 50,00 | 47,00 | Cendres ferrugineuses. |
| Bitume brut du plateau de la Braie. . . . . . . . . . . . . . . | 18 | 28,00 | 34,00 | Id. |
| Bitume fluide du centre du lac. | 5 | 62,00 | 33,00 | Id. |
| Bitume épuré du lac . . . . . . | 5 | 58,00 | 37,00 | Id. |
| Glance-Pitch de Guaracaro. . . . | 7 | 83,60 | 9,40 | Id. |

Si l'on cherche les analogies de cette matière, que je crois avoir étudiée pour la première fois, on trouve qu'elle ressemble à celles qui sont connues dans le commerce sous le nom de *bitume de Judée* et de *japopote de Cuba*. L'emploi commercial qui en a été fait jusqu'ici a été borné à la confection de vernis siccatifs préservateurs des tôles ou de vernis noirs pour carrosserie et cuirs, etc., et je ne m'étendrai pas dans cette étude sur le côté commercial ou industriel de l'exploitation de ce gisement. Il m'a semblé néanmoins que la matière bitumineuse offrait par elle-même un intérêt suffisant pour motiver une étude chimique assez complète dont je vais indiquer les résultats.

La matière pulvérisée et mise en digestion avec de l'eau bouillante pendant plusieurs heures n'abandonne aucune substance fixe venant nager à la surface du liquide. La paraffine n'existe donc pas toute formée dans ce bitume. J'ai tout lieu de croire qu'elle ne se produit pas durant la distillation sèche, les huiles épaisses distillant au-dessus de 300 degrés ne me paraissant contenir que de la naphtaline.

La distillation sèche présente de sérieuses difficultés; en effet, la masse n'atteignant pas sous l'action de la chaleur un degré de fluidité suffisant, les gaz produisent en s'échappant des boursouflements qui entraînent la matière dans le réfrigérant et l'obstruent.

Au début de l'opération, il se dégage de nombreux produits gazeux très sulfurés qui paraissent être composés en

grande partie d'hydrogène sulfuré et d'éthers sulfhydriques. Le soufre n'existe donc pas dans la matière en combinaison avec le fer, comme on pourrait le supposer d'après la nature ferrugineuse des cendres, dont je donnerai ci-après la composition. Le dosage du soufre, exécuté par oxydation de la matière au moyen de l'acide azotique monohydraté m'a fourni une proportion de 9,95 p. 100 de soufre.

Cette proportion est très considérable, si on la compare par exemple à celle qui est donnée comme existant dans le Boghead, et qui n'est que de 0,32 p. 100.

Après les premiers produits gazeux sulfurés de la distillation sèche passent des composés amoniacaux, d'où l'on déduit la présence de principes azotés dans la matière. L'azote, dosé par le procédé Will et Warentrapp, modifié par Péligot, a été trouvé dans la proportion de 1,098 p. 100, quantité bien supérieure à celle que l'on rencontre dans les schistes bitumeux et les Bogbead.

Tandis que les schistes bitumineux donnent à la distillation sèche jusqu'à 35 p. 100 d'eau et le Boghead, 5 p. 100, le bitume examiné en donne seulement 2 p. 100. Ces 2 p. 100 d'eau passent vers 100 degrés; c'est donc de l'eau d'interposition et non de l'eau engendrée durant la distillation sèche, par suite de la décomposition de substances oxygénées. Cette observation nous amène à conclure que le bitume en question ne contient pas d'hydrocarbures oxygénés, c'est-à-dire de résines. Cette particularité le différencie de certains bitumes, notamment de celui de Pechelbronn (Alsace), que M. Boussingault considère comme un mélange d'hydrogène bicarboné liquide et d'une résine.

Après le dégagement de l'eau interposée vient toute la série des carbures infestés par les composés ammoniacaux et sulfurés; c'est vers le premier tiers de l'opération, alors que la masse commence à s'agglomérer et

que les produits volatils s'échappent en abondance, que les boursouflements se produisent et rendent l'opération très-délicate.

Vers la fin, lorsque les matières liquéfiables sont en parties recueillies, il se manifeste à nouveau un dégagement intense de gaz provenant de la décomposition des huiles les plus lourdes. En même temps apparaît la naphtaline, produit constant de la décomposition des substances organiques sous l'action de la chaleur.

En opérant cette distillation dans des cornues de verre, et conséquemment à des températures relativement basses, en chauffant graduellement et avec les plus grandes précautions jusqu'à 600 degrés environ, on obtient les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| Coke très dur | 42,50 |
| Eau d'interposition | 2,00 |
| Hydrocarbures liquides | 37,40 |
| Produits gazeux | 17,80 |
| Total | 100,00 |

Les hydrocarbures liquides ne renferment ni benzine ni acide phénique. Ce sont là deux caractères qui accusent encore la différence entre la formation bitumineuse dont il s'agit et celle du Boghead ou des schistes bitumineux.

Le résidu solide de la distillation sèche à 600 degrés est en grande partie du charbon provenant de la décomposition des carbures les plus denses et principalement de l'asphaltène; il constitue un coke brillant très dur.

Si l'on se reporte au tableau comparatif précédent, on voit que le produit de la distillation au creuset et au rouge vif, tel qu'on l'effectue pour le dosage du carbone fixe dans les houilles, donne une quantité bien inférieure de carbone fixe.

La composition des cendres est la suivante :

| | |
|---|---|
| Silice | 56,05 |
| Alumine et peroxyde de fer | 38,70 |
| Chaux, magnésie, traces d'acide phosphorique et pertes | 5,25 |
| Total | 100,00 |

L'oxyde de fer représente au moins les trois quarts du mélange d'alumine et de peroxyde de fer.

Le bitume examiné fournit 39,40 p. 100 de son poids en produits liquides, savoir :

| | |
|---|---|
| Eau | 2,00 |
| Hydrocarbures | 37,40 |
| Total | 39,40 |

En vue de séparer les hydrocarbures liquides qui appartiennent à une série homologue, ayant leurs points d'ébullition souvent très rapprochés, il a fallu procéder à un grand nombre de distillations successives pour isoler chacun des termes de la série, tant du carbure qui le précède que de celui qui le suit.

Ces hydro-carbures peuvent-ils être rangés dans la série des hydrures des radicaux alcooliques, à laquelle appartiennent les huiles dont le mélange compose ce qu'on appelle les pétroles? Je crois pouvoir répondre affirmativement.

En effet, un des signes caractéristiques de la série des hydrures des radicaux alcooliques, c'est leur grande indifférence chimique. Or les divers réactifs, au moyen desquels les produits des distillations fractionnées ont été traités, les ont laissés absolument intacts. Partant de là, on peut déterminer leur place dans la série d'après les points d'ébullition et établir comme suit la composition centésimale des hydrocarbures condensés formant les 39,40

p. 100 de la masse du bitume soumis à la distillation sèche.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | parties d'eau | | | | |
| 1 | — | d'hydrure d'hexyle | bouillant | à 68°. . . | $C^{12}H^{14}$ |
| 3 | — | — d'heptyle | — | à 92°. . . | $C^{14}H^{16}$ |
| 7 | — | — d'octyle | — | 100° . . | $C^{16}H^{18}$ |
| | | de nonyle | | à . . | $C^{18}H^{20}$ |
| | | de décyle | | 150° . . | $C^{20}H^{22}$ |
| 3 | — | — d'undécyle | — | à 180°. . . | $C^{22}H^{24}$ |
| 3 | — | — de duodécyle | — | à 200°. . . | $C^{24}H^{26}$ |
| 19 | — | — de tridécyle | — | à 220°. . . | $C^{26}H^{28}$ |
| 5 | — | — de tétradécyle | — | à 240°. . . | $C^{28}H^{30}$ |
| 25 | — | — de pentadécyle | — | à 260°. . . | $C^{30}H^{32}$ |
| 10 | — | — d'hexadécyle | — | à 280°. . . | $C^{32}H^{34}$ |
| 22 | — de pétrolène et produits de décomposition de l'asphaltène, volatils au-dessus de 300°. | | | | |
| Total. 100 | | | | | |

En dehors du fait intéressant de l'existence d'une forte proportion de soufre à l'état de combinaison dans une matière bitumineuse jusqu'ici peu connue, il m'a semblé que ces détails d'analyse pourraient jeter quelque lumière sur le mode probable de formation de cette substance et corroborer l'opinion émise que les pétroles et bitumes d'Amérique ne contenaient aucun des hydrures de la série aromatique, et que leur formation est par suite absolument distincte de celles des houilles et schistes bitumineux.

En tout état de cause, les détails donnés dans le cours de ce travail montrent que l'île de la Trinidad, cette terre classique du bitume, peut offrir un vaste champ d'études par la diversité des produits naturels qu'elle renferme, et par la continuité de phénomènes géologiques curieux dont elle conserve encore la trace.

Juin 1879.

## LÉGENDE EXPLICATIVE DES FIGURES (PL. V).

*Fig.* 1. — Carte et coupes de la pointe de la Braie, d'après MM. Wall et Sawkins.

Ag. — Argiles.
Ag. b. — Argiles bitumineuses.
Ag. j. — Argiles jaunes.
Ag. l. — Argiles avec lignite.
Ag. r. — Argiles rouges.
Ag. r. b. — Argiles rouges et blanches.
Ag. s. — Argiles sableuses.
Ag. s. P. — Argile sableuse blanche avec fragments de porcelanite dans sa partie supérieure.
Cg. — Conglomérat.
G. — Grès.
G. b. — Grès bitumineux.
G. f. — Grès ferrugineux.
G. j. — Grès jaunes.
M. — Marécages.
P. — Porcelanite.
S. — Sables blancs.
S. b. — Sables bruns contenant des masses bitumineuses.
S. j. — Sables jaunes.
Sch. — Schistes non bitumineux.
Sch. b. — Schistes bitumineux avec masses bitumineuses intercalées dans les strates.
Sch. l. — Schistes à lignite et empreintes végétales.
Sch. s. — Schistes sableux.

*Fig.* 2. — Coupe des masses de bitume et des canaux aqueux du lac de la Braie.

*Fig.* 3. — Gisement de charbon du Piparo.

*Fig.* 4 à 6. — Plan et coupes de la fouille exécutée sur le gîte de bitume du Guaracaro.

MÉMOIRE

SUR

# L'EXPLORATION DES GITES DE COMBUSTIBLES

## ET DE QUELQUES-UNS DES GITES MÉTALLIFÈRES

## DE L'INDO-CHINE

EXTRAIT DU RAPPORT ADRESSÉ AUX MINISTRES DE LA MARINE
ET DES TRAVAUX PUBLICS ET AU GOUVERNEUR DE LA COCHINCHINE

Par M. Edmond FUCHS, ingénieur en chef des mines,
avec la collaboration de M. E. SALADIN, ingénieur civil des mines.

## INTRODUCTION.

### § I. — But de la mission.

La mission qui nous a été confiée dans l'Indo-Chine par le ministre de la marine sur la proposition de M. Le Myre de Vilers, gouverneur de la Cochinchine, et à laquelle nous avons consacré, avec la collaboration de M. Édouard Saladin, ingénieur civil des mines, les mois de novembre et décembre 1881, janvier, février et mars 1882, avait un but parfaitement limité : l'exploration des gîtes de combustibles reconnus ou soupçonnés au Tong-King et dans certaines parties de l'Annam, et l'étude éventuelle des gîtes métallifères de ces régions.

Au cours de notre travail nous avons été conduits à

visiter également le puissant gîte de fer de Ph'nom Dèck, dans la province de Compong-Thom, au Cambodge. Grâce aux mesures bienveillantes prises par M. le gouverneur de la Cochinchine, qui a mis gracieusement à notre disposition d'abord l'aviso l'*Antilope*, ensuite, et suivant les besoins de nos explorations, les diverses canonnières de la station navale (*Carabine*, *Massue*, *Javeline*), et qui a bien voulu autoriser en même temps les officiers commandant ces bâtiments et les représentants de la France à prêter à nos travaux le concours de leur savoir et de leur expérience, nous avons pu mener à bonne fin ces diverses explorations dans le court délai de trois mois.

Qu'il nous soit permis d'offrir ici à M. Le Myre de Vilers et aux précieux et sympathiques collaborateurs qu'il nous a donnés l'expression de notre vive et profonde gratitude.

## § II. — Historique des mines du Tong-King et de l'Annam.

Il y a une quinzaine d'années environ, des Chinois découvrirent sur les bords de la baie de Hâ-Long et en différents points de la côte orientale du Tong-King des affleurements de charbon. Ils entreprirent sans méthode l'exploitation superficielle de ce combustible pour l'essayer sur les canonnières de leur marine. Ces essais n'ayant pas donné à leurs auteurs le résultat qu'ils en attendaient et plusieurs ouvriers ayant été dévorés par les tigres à la mine de Ké-Bao, tous les trous creusés aux affleurements dans le charbon pourri furent successivement abandonnés. Un seul point situé dans la baie de Hon-Gâc reçut depuis ce temps, pendant les mois d'hiver, la visite régulière d'un Chinois de Haï-Phong.

Cela suffit pour que l'attention des hardis explorateurs du Tong-King, et notamment celle du lieutenant de vaisseau Garnier, fût attirée vers ces gisements, dont la situation au

bord de la mer favorisait merveilleusement l'exploitation éventuelle, et dont la position approximative fut indiquée sur les cartes de la marine et reportée sur celle de M. Dupuis.

Dans le courant de 1879, M. Mourin d'Arfeuille, capitaine de frégate, consul à Haï-Phong, entreprit un examen attentif des affleurements, et découvrit celui de la mine Jauréguiberry, sur lequel M. Escudier, capitaine de frégate, commandant l'aviso l'*Hamelin*, fit exécuter, sous la direction de M. Thomazi, lieutenant de vaisseau commandant la *Carabine*, une fouille profonde qui mit bien nettement à découvert l'ensemble des couches de cette région.

Il est inutile d'insister sur le nombre considérable de demandes de concession dont ces mines furent l'objet de la part de maisons françaises et même chinoises. Cependant l'importance de ces demandes, auxquelles la cour de Hué opposait sa force d'inertie habituelle, éveilla l'attention du gouvernement français. Vers le même temps, les renseignements recueillis par le Chargé d'affaires de France à Hué, M. Rheinart, donnaient une nouvelle importance aux notions extrêmement vagues que l'on possédait depuis longtemps sur les mines d'or de l'Annam, du Laos et du Tong-King, ainsi que sur une mine de charbon de l'Annam située près de Nong-Sön, sur le haut du fleuve de Tourane. Cette dernière est tombée, il y a quinze mois, entre les mains d'une compagnie chinoise qui en a obtenu la concession pour trente ans.

En résumé, l'historique des mines de l'Annam se réduit, pour les mines de charbon, à l'examen de quelques affleurements à l'aide de fouilles abandonnées presque aussitôt; celui des mines d'or serait plus intéressant, car ces dernières sont connues et même exploitées depuis longtemps; mais les renseignements font presque entièrement défaut à leur égard, et, sauf une statistique recueillie à Hué par le Chargé d'affaires, ils manquent absolument d'étendue et de précision.

## § III. — Résumé du voyage.

Partis de Paris le 28 octobre, nous sommes arrivés le 29 novembre à Saïgon. Après quelques jours consacrés à l'organisation de notre expédition, nous sommes partis dès le 3 décembre sur l'aviso l'*Antilope* pour Hué, où nous devions recevoir du ministre des affaires étrangères du roi Tu-Duc les passeports et les guides nécessaires pour circuler sans entraves dans le pays d'Annam.

En route, nous faisons une courte excursion géologique dans la baie de Qui-N'hône où, grâce à l'obligeance de notre consul, M. de Verneville, qui organise rapidement une petite caravane, nous pouvons visiter les collines qui encadrent la baie au Nord-Ouest, et nous constatons qu'elles sont formées de grès et de quartzites avec minerais de fer redressés parallèlement à la côte, avec un faible plongement vers l'intérieur du pays. Ces grès, que nous avons été ultérieurement conduits à rattacher au terrain dévonien, sont recouverts par un manteau irrégulier de formation récente et d'une constitution caractéristique. Ce sont des blocs plus ou moins roulés de minerais de fer et de grès quartzo-ferrugineux empâtés dans une argile rougeâtre. On a donné à ce mélange, dont on utilise les éléments solides en Cochinchine pour l'empierrement des routes, le nom de *Bien-Hoâ*, d'après la province cochinchinoise dont il forme le sol. Une course sur la plage nous permet de constater dans les galets du rivage une belle série d'échantillons de roches granitiques (granites, pegmatites et granulites), des quartzites et des schistes siliceux, enfin un spécimen isolé de basalte.

Dans la nuit, l'*Antilope* lève l'ancre et nous conduit le lendemain matin dans le vaste cirque de granites à gros éléments qui entourent la baie de Chou-May, où nous débarquons avec M. Fargues, lieutenant de vaisseau, com-

mandant en second de l'*Antilope*, qui veut bien nous accompagner à Hué. C'est, en effet, de cette baie que part le seul chemin praticable en toute saison conduisant de la côte à la capitale de l'Annam, car une barre redoutable interdit, pendant dix mois de l'année, à tous les navires l'entrée du grand fleuve sur les bords duquel s'étale l'immense agglomération de cases terminée par l'importante et mystérieuse forteresse qui forme la résidence du roi Tu-Duc, et dont nul Européen n'a encore franchi l'enceinte quadrangulaire, bâtie au siècle dernier par le colonel Ollivier pour l'empereur Già-Long.

Aussi, sommes-nous obligés de suivre la petite chaîne granitique de la côte et nous arrivons, après une marche de cinq heures, au mouillage de Te-Yen, où la mousson empêchait de faire pénétrer même un canot et d'où nous repartons, à la nuit tombante, dans une petite barque pour remonter la lagune de Pho-Nang. Nous perdons au moins trois heures à attendre, chez le mandarin de ce village, l'arrivée d'un *sampan* couvert où nous serons un peu abrités de la pluie qui tombe à torrents. Enfin nous partons vers onze heures du soir et le lendemain, à une heure de l'après-midi, après une navigation qui nous semble interminable à travers les canaux et les lagunes qui relient Hué à Te-Yen, nous débarquons devant la légation de France, en face de l'impénétrable forteresse annamite. Il avait plu toute la nuit et, pendant les vingt-quatre heures qu'avait duré notre voyage, il était tombé 184 millim. d'eau (*). Reçus d'une façon cordiale et charmante à Hué par le Chargé d'affaires M. Rheinart, et par le docteur Philip, attaché à la légation, nous visitons pendant le reste de la journée la ville et ses environs.

(*) Cette quantité énorme d'eau est loin d'être un maximum. Une lettre récente de M. le D[r] Philip nous apprend que, pendant le mois de septembre 1882, la hauteur d'eau tombée à Hué a atteint 1$^m$,30, dont 0$^m$,293 pour la seule journée du 7 septembre.

Nous escaladons successivement la *Colline des supplices* et la *Montagne du roi* qui dominent de 70 et de 105 mètres la grande *plaine des tombeaux* située à l'Ouest de la capitale, et qui sont formées l'une et l'autre de grès quartzeux et micacés roses et lilas avec intercalation de couches plus rares d'argilolithes que nous retrouverons plus tard au-dessus du groupe houiller de l'Annam et du Tong-King.

Le lendemain matin, nous sommes reçus dans la pagode des audiences construite aux portes de la citadelle sacrée, et ce n'est pas sans émotion que nous entendons M. Rheinart, après avoir réglé le détail de nos explorations, lire au ministre du Roi Tu-Duc l'*ultimatum* que nous lui avions apporté de la part du gouverneur de la Cochinchine. Dans cet *ultimatum* la France offrait au roi son concours pour l'expulsion des *Drapeaux noirs* postés sur le fleuve Rouge, et fixait la date à laquelle, en cas d'abstention persistante du gouvernement annamite, elle se réservait d'accomplir à elle seule la mission, qui lui incombe par le traité de 1874, d'ouvrir le Fleuve Rouge à la libre navigation des peuples civilisés.

Pour gagner du temps, nous voulons le lendemain descendre le fleuve et essayer de franchir, dans un grand *sampan* de pêche, la barre de Tuâ-Moi devant laquelle l'*Antilope* doit croiser toute la matinée; mais au moment où nous discutions avec le mandarin, chef de la douane, les chances de notre expédition, un évènement fatal nous en détourne en nous en démontrant la folie : le naufrage, sur les brisants de la barre, de la baleinière envoyée à notre rencontre par l'*Antilope*, naufrage qui entraîne la mort de deux des matelots composant l'équipage du canot.

Nous reprenons donc, non sans regret, le long et pénible chemin de la lagune, et trente heures après, de retour à bord de l'*Antilope* au mouillage de Chou-May, nous voguons vers la baie de Tourane pour aller explorer le bassin

houiller de Nong-Sön, situé vers le haut du fleuve qui se jette dans cette baie.

M. Rheinart et le docteur Philip nous accompagnent dans cette expédition, en même temps qu'un mandarin officiellement chargé de nous servir de guide, mais muni d'instructions secrètes qui devaient être peu en harmonie avec cette mission, puisque nous n'avons jamais pu obtenir de lui la moindre indication sur les gîtes qui étaient le but de notre voyage.

La mousson du N.-E. nous pousse rapidement dans la baie de Tourane, et le 13 au soir nous nous embarquons sur deux grandes barques de mer qui nous amènent dès le lendemain matin vers neuf heures à Quang-Name, capitale de la province. Pendant que l'on transborde nos bagages et nos provisions sur des barques de rivière plus petites, le préfet de Quang-Name nous offre une hospitalité gracieuse dans la citadelle de cette ville, et vers une heure nous repartons pour le haut de la rivière. Le mandarin, délégué par la cour de Hué, nous escorte dans un sampan spécial avec son inévitable parasol et son tambour et surveille les soldats que nous avons dû accepter comme rameurs. Pendant trois jours nous remontons la rivière dont nous relevons le cours, et le 16 au matin nous touchons enfin à Nong-Sön. Pendant cette longue navigation, nous constatons partout, sur les deux rives du fleuve, la puissante formation des grès et argiles versicolores superposés au groupe carbonifère.

A Nong-Sön nous trouvons enfin les grès et schistes houillers. La visite du gîte exploité par les Chinois occupe la journée; le lendemain nous remontons la rivière sous une pluie torrentielle pour visiter les gîtes de zinc signalés en amont de Trong-Phuoc. Malgré un courant violent et plusieurs rapides, le vent nous pousse promptement vers les hautes montagnes dites *Montagnes de zinc*, constituées par des schistes anciens redressés parallèlement à la côte.

Le cours du fleuve dessine un sillon profond et pittoresque au milieu de ce massif montagneux aux formes hardies; mais nous en explorons en vain toutes les rives, nous examinons en vain tous les graviers des ravins secondaires, nulle part nous ne trouvons aucun indice de gîte, ni même aucune trace de minerais ou de roches filoniennes; mais du moins cette pointe vers le Sud nous a fait voir la série des roches du pays jusqu'aux schistes anciens, et le 18, de grand matin, nous sommes de retour à Nong-Sôn. Les journées du 18 au 20 sont consacrées à l'étude de la topographie du bassin et de la géologie des environs, ainsi qu'à la recherche infructueuse d'un gîte de cuivre. Égarés par nos guides dans un dédale de collines couvertes de broussailles vierges, à travers lesquelles la hache nous fraie péniblement un passage, aveuglés par la pluie, incommodés par les sangsues qui tombent des arbres et qui s'attachent aux membres nus de nos malheureux Annamites, découragés par la terreur de ces derniers qui craignent par-dessus tout de se trouver surpris par la nuit, sans abri, dans une région infestée par les tigres, nous donnons bien à regret le signal du retour et nous regagnons le fleuve par une autre route, de manière à explorer la totalité du grand massif montagneux désigné sous le nom de *Cat-Tang*.

Dans cette excursion, comme pendant tout le cours du voyage sur le fleuve, nous ne sommes pas sortis des schistes et grès versicolores supérieurs à la houille, et les échantillons qui nous ont été remis par les indigènes ou envoyés ultérieurement nous donnent la conviction que le cuivre existe surtout et sans doute même uniquement à l'état de faible imprégnation des grès feldspathiques.

Grâce à la violence du courant et à l'ardeur de nos soldats-rameurs, stimulés par l'idée de rentrer dans leurs foyers, une seule nuit nous suffit pour descendre le fleuve, et le 20 à midi nous sommes de retour dans la baie de Tourane. Nous en explorons la bordure méridionale, toute com-

posée de roches granitiques, et le soir même l'*Antilope* prend la route du Nord. Après nous être séparés, à la baie de Chou-May, de M. Rheinart et du docteur Philip, auxquels nous sommes heureux d'exprimer ici toute notre reconnaissance, nous prenons le 22 la direction du Tong-King. En route, on fait, dans les foyers de l'*Antilope*, l'essai du charbon de Nong-Sön, et le 25 décembre nous débarquons devant la concession française d'Haï-Phong.

Dès le lendemain nous partons à bord de la canonnière la *Carabine*, pour reconnaître les terrains qui forment la montagne de la Pagode et les collines voisines de Haï-Phong. Nous trouvons là, dans leur plus beau développement, les couches puissantes du calcaire-marbre reposant sur les contreforts du mont de la Pagode formé de terrains plus anciens. L'heure avancée ne nous permet pas de chercher les terrains plus jeunes qui émergent au loin dans la plaine d'alluvions bordée par le calcaire, mais l'*Antilope* nous y conduit le jour suivant. Nous côtoyons d'abord le littoral, au large des rochers pittoresques de calcaire qui encombrent la baie de Hâ-Long et celle de Faïtzi-Long; puis, guidés par les récents relevés hydrographiques du *Parceval*, nous traversons un véritable chaos d'îlots et de récifs de toutes dimensions et nous arrivons à Ké-Bao, le gîte de charbon le plus oriental.

L'étude des cinq affleurements de ce gîte nous prend la journée du 29, et le 30 nous pénétrons dans la baie de Hon-Gâc, où se trouvent les couches de houille les plus importantes. Toute la journée et celle du lendemain se passent à faire la visite de deux des affleurements connus, auxquels nous donnons les dénominations de *Mine Jauréguiberry* et de *Mine Henriette*.

L'importance de ces affleurements et l'intérêt que donne à leur étude le voisinage immédiat de la mer, nous font décider que M. Saladin s'établira jusqu'à la fin du mois de janvier à Hon-Gâc pour faire l'exploration aussi complète

que possible de cette partie du bassin, tant au moyen de levés topographiques qu'à l'aide de fouilles, exécutées sous la forme de galeries et tranchées et permettant de franchir la zone des affleurements.

Nous nous dirigerons, de notre côté, pendant ce temps, vers Ha-Noï et les bassins aurifères de l'Ouest et nous ferons, avant de revenir inspecter les travaux de Hon-Gâc, une pointe vers la frontière chinoise à la recherche d'un gîte d'antimoine signalé par un commerçant de Monk-Hai.

Après avoir planté les poteaux de la maison que les Annamites doivent élever à M. Saladin, et à laquelle nous donnons le nom de *Claireville*, nous rentrons tous, le soir du 1er janvier 1882, à Haï-Phong, pour préparer les éléments de nos expéditions.

Nous trouvons facilement, grâce au bienveillant concours de M. de Champeaux, consul de France, les mineurs, les travailleurs et les provisions nécessaires, et le 3 au soir, tandis que M. Saladin reprend la route de Hon-Gâc à bord de la *Carabine*, nous partons vers le Nord, à bord de la *Massue*, avec M. le comte de Kerkaradec, consul de France à Ha-Noï, qui veut bien nous guider dans notre expédition.

Les journées du 4 et du 5 janvier sont employées à remonter péniblement le Canal des Bambous, où la baisse des eaux commence dejà à se faire sentir. Le 6, au matin, nous descendons une vingtaine de kilomètres sur le Daï, jusqu'à Ké-Sö, où Monseigneur Puginier, vicaire apostolique du Tong-King septentrional, nous fait les honneurs de l'importante mission catholique qu'il dirige. Après avoir admiré la grande cathédrale gothique, construite d'après ses plans par les prosélytes de la mission, nous passons la journée à explorer les collines de Ké-Non, dont les formes arrondies, différentes des falaises abruptes du calcaire carbonifère que nous avions seul rencontré jusque-là, avaient attiré notre attention. Nous constatons qu'elles font partie des terrains superposés à la formation carbonifère.

Une partie de la nuit et de la matinée du 7 janvier se passent à remonter le Daï jusqu'en face du Song-Dou, petit affluent de droite, que nous remontons à son tour dans de petits sampans pendant la soirée et la nuit à la lueur des torches. Enfin, le 8 janvier, de très bonne heure, nous débarquons en face de la nouvelle citadelle de Mi-Duc, construite sur le modèle de celle de Quang-Name et reproduisant, en petit, la disposition carrée, avec bastions aux quatre angles, de la forteresse royale de Hué.

Les autorités annamites nous font une réception officielle très courtoise et nous offrent d'abondantes provisions, mais déclarent ignorer complètement l'existence de gisements aurifères. Malgré ces assertions peu encourageantes, nous partons sous la conduite d'un guide que Monseigneur Puginier nous avait obligeamment procuré la veille, et nous explorons, du 8 au 13 janvier, toute la région qui s'étend entre Mi-Duc et Cho-Doi, et tout spécialement les nombreuses alluvions aurifères que cette région renferme.

Le 13 janvier au soir, la *Carabine* nous conduit à Ha-Noï, où nous passons la journée du lendemain dans un échange de visites avec les gouverneurs civils et militaires de la province, qui, comme tous les fonctionnaires annamites, affirment ne posséder aucun document sur les richesses métallifères du Tong-King. Le 15, de grand matin, nous reprenons la route de Haï-Phong.

Nous ne faisons que traverser ce port où M. de Champeaux se joint à nous, et dès le 17 janvier, à la nuit tombante, nous mouillons en face de la barre qui ferme à notre canonnière l'embouchure de la rivière au bord de laquelle est construite la ville de Monk-Haï, en annamite Van-Nine.

Le 18, au petit jour, une chaloupe à vapeur chinoise nous dépose en aval du rapide situé à la sortie du marché de Monk-Haï, pour organiser l'expédition à la mine d'antimoine. Nous apprenons que cette dernière, d'un accès assez difficile, est à deux ou trois journées de marche dans

l'intérieur, en territoire chinois. Pendant ces pourparlers et ces préparatifs, on vient nous avertir que les *Drapeaux noirs* sont les maîtres de la ville, et nous constatons *de visu* que les portes en sont gardées par des postes de rebelles, disciplinés et bien armés. L'entrée du Marché nous est refusée et toutes les négociations entamées par le propriétaire de la chaloupe, habitant de Monk-Haï, sont inflexiblement repoussées par Lu-Ving-Phûoc, chef suprême des rebelles, derniers restes de l'insurrection des Taï-Pings. Ce sont ces *Drapeaux noirs* au sujet desquels M. Rheinart avait présenté l'ultimatum exigeant leur expulsion du Fleuve Rouge, dont ils occupent fortement les rapides avec le consentement peu déguisé du gouvernement annamite. Ce consentement leur est acquis depuis le jour où ils ont tué dans une embuscade l'héroïque lieutenant de vaisseau Garnier qui, pendant quelques mois, avait pris possession au nom de la France de tout le delta du Tong-King oriental.

Séparés de notre canonnière et de son équipage, sans escorte et sans armes, nous ne pouvions songer à nous frayer un passage par la force, et il ne nous restait d'autre parti à prendre que de renoncer à notre expédition. Aussi, après une journée consacrée à l'exploration des collines bordant la rivière en aval de Monk-Haï, nous reprenons, dès que la marée nous le permet, pendant la nuit, le chemin du mouillage de la *Carabine*, et avec cette dernière la route de la baie de Hâ-Long.

De son côté, le 6 janvier au matin, M. Saladin remonte avec les sampans amenés de Haï-Phong la rivière conduisant à Claireville et prend possession de la maison à peine terminée. Dès le lendemain, les ouvriers donnent les premiers coups de pioche à la mine Henriette, et y commencent une fouille aussi profonde que possible sous la forme d'une galerie d'allongement permettant de constater la qualité du charbon au-dessous de la zone des affleurements.

La topographie de cette partie du bassin houiller et la

reconnaissance géologique des environs, menées de front avec les travaux de la mine Henriette et la fabrication de quelques centaines de kilogrammes de briquettes, durent jusqu'au 19 janvier, époque à laquelle la *Carabine* nous ramène nous-mêmes dans la baie de Hon-Gâc. Après une inspection des travaux et des affleurements nouveaux découverts et relevés par M. Saladin, nous nous dirigeons ensemble vers l'Ouest, pour explorer les bords du bassin houiller du côté de Dong-Trieu. Cette visite nous retient jusqu'au soir du 25, et le 26 nous repartons de Haï-Phong pour Saïgon, à bord de l'*Ilyssus*, paquebot des Messageries maritimes.

Arrivés à Saïgon, le 1er février à quatre heures du matin, nous apprenons le prochain départ de la mission officielle du commandant de la marine, M. Rivière, qui doit présenter les félicitations d'usage au roi de Cambodge, à l'occasion de sa fête. Nous nous embarquons donc le 2, à six heures du matin, à bord de la *Javeline*, et après une navigation de trente-six heures à travers les rivières de la basse Cochinchine et devant les nombreux villages qui bordent le Mé-Kong, la canonnière vient mouiller devant le protectorat français, à Ph'nom-Penh.

Reçus de la manière la plus gracieuse par S. M. Norodom Ier, nous assistons aux fêtes brillantes et d'un caractère tout indien données en l'honneur du roi, qui met à notre disposition sa meilleure chaloupe à vapeur.

L'organisation de notre voyage au grand gîte de fer de Ph'nom-Dèck, voyage pour lequel M. Morand, administrateur des affaires indigènes au Cambodge, a bien voulu, en nous accompagnant, nous prêter le concours de sa connaissance approfondie des usages et de la langue du pays, se fait rapidement, et dès le 5 février, à la pointe du jour, nous nous embarquons tous les trois sur la chaloupe royale, petite embarcation à fond plat à deux hélices, tirant au plus 1 mètre en pleine charge, en un mot très bien appropriée au voyage que nous allions entreprendre. Aussi, dès

la tombée de la nuit, nous entrons dans l'extrémité du Grand Lac, et le lendemain à trois heures du matin notre chaloupe s'arrête sur un fond de sables, dans la rivière Sène, à environ 10 kilom. au-dessous de Compong-Thom.

Après une longue journée passée à parlementer avec le gouverneur de cette ville, nous pouvons enfin obtenir des charrettes à buffles et un guide, et à deux heures du matin nous passons sur la rive droite de la rivière. Là, six charrettes nous emmènent à travers la grande forêt plate que nous ne quitterons plus avant Ph'nom-Dèck.

Au milieu de la seconde journée, nous atteignons le premier village Khouy où travaillent quelques forgerons; le quatrième jour, à l'aurore, les charrettes s'arrêtent au pied de la première colline qui surgit de l'immense plaine de verdure, et qui contient le gîte de fer de Ph'nom-Dèck.

La matinée du 10 est employée à reconnaître et à faire le croquis de l'affleurement de cette importante masse minérale enclavée dans un puissant dyke de tuf porphyrique, enfin à inspecter les travaux élémentaires des mineurs du pays; le reste de la journée est consacré à explorer le groupe des collines qui forment la petite chaîne de Ph'nom-Dèck; malheureusement une indisposition douloureuse qui ne nous permet de marcher qu'avec une extrême difficulté, et dont les conséquences fâcheuses devaient se faire ressentir encore pendant de longues semaines, nous empêche de prolonger et de compléter cette exploration, un moment troublée par le rugissement des tigres qui pullulent dans la forêt vierge.

Aussi devons-nous, à notre grand regret, renoncer à visiter les collines voisines où se trouvent, dit-on, d'autres gîtes du même minerai, et nous quittons à la nuit tombante cet endroit peu hospitalier, pour aller camper au premier village Khouy, où hommes et bêtes pourront enfin trouver l'eau pure et le repos dont tous ont besoin. Nous y arrivons fort tard, ayant marché pendant plus de deux heures

dans la forêt, puis franchi à gué quelques affluents profondément encaissés de la rivière Sène, à la lueur vacillante des torches portées par les Khouys qui nous accompagnent.

La bonne volonté de nos guides nous permet de faire le lendemain une longue étape avant la grande chaleur. A dix heures nous pouvons changer nos attelages et le soir nous arrivons au dernier village Khouy, à Prey-Te-Teng, où les indigènes nous ont élevé une petite paillotte, léger gourbi en bambou, qui nous permet, pour la première fois depuis notre tournée, de nous reposer un peu à l'abri des insectes, et autrement que sur le sol nu de la forêt.

Pendant la nuit des attelages frais arrivent, et au lever du jour nous reprenons notre pénible pérégrination. Le guide s'égare un moment dans l'immense clairière qui nous sépare encore de la rivière; enfin, après avoir traversé, non sans difficulté, un coin de forêt en flammes et d'immenses marécages, nous arrivons à neuf heures du soir à la maison du guide, distante de 12 kilomètres à peine de la rivière Sène que nous atteignons le lendemain matin vers huit heures.

La chaloupe se met rapidement en pression et, une demi-heure après, nous filons avec une vitesse de dix nœuds à l'heure vers le Grand Lac et Ang-Koor. Dans les deux jours que nous avons passés au milieu de cette région, point extrême de notre voyage, nous recueillons, — avec de profondes impressions artistiques, provoquées par la vue des merveilleux monuments de l'art Khmer et des vestiges grandioses de l'ancienne civilisation cambodgienne, — des renseignements intéressants sur la géologie de la contrée.

Le 16 nous reprenons la direction du Sud. Notre intention était de visiter d'abord la station préhistorique de Som-Ron-Sen, sur le Strung-Chinitt, au pied des montagnes de Com-Pong-Swai, et de terminer éventuellement notre voyage par l'exploration de la montagne de l'Éléphant. Mais un redoublement de souffrances, occasionné par l'aggravation de l'état de ma jambe, me cloue au fond de notre chaloupe et m'empêche

de débarquer sur les rives envasées du Strung-Chinitt. Enfin de retour à Ph'nom-Penh, nous ne pouvons songer à autre chose qu'à reprendre la route de Saïgon, que nous atteignons le 25 février. Les quelques jours qui nous séparent du départ du paquebot, sont consacrés au classement des collections que nous laissons au palais du gouverneur, et nous reprenons enfin le 3 mars le chemin de la France où nous débarquons le 1er avril après une heureuse et rapide traversée.

---

# CHAPITRE I

## ESQUISSE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE DE L'INDO-CHINE

### § 1. — Géographie.

L'Indo-Chine est une vaste péninsule qui s'étend sensiblement depuis le tropique du Cancer jusqu'au 9e degré de latitude nord, et qui projette jusque dans le voisinage de l'équateur un promontoire avancé, la presqu'île de Malacca. Sa largeur est comprise entre le 95e et le 107e degré de longitude à l'Est de Paris.

La partie de cet immense territoire, dont nous avons plus spécialement à nous occuper, est comprise entre le méridien de Bangkok (98° long. E.), le golfe de Siam, la mer de Chine et la chaîne de partage des eaux entre les bassins du Yang-Tsé ou Fleuve Jaune et de la rivière de Canton d'une part, et celui du Song-Coï ou Fleuve Rouge, qui arrose le Tong-King, de l'autre.

L'orographie de cette péninsule est assez simple dans ses traits généraux. Les différentes chaînes de montagnes qui en limitent les bassins hydrologiques primordiaux, se

rattachent toutes à l'extrémité orientale du grand massif du Thibet dont ils forment, en partant du Yun-Nan, les derniers contreforts vers l'est, le sud-est et le sud. Ce sont : au nord, l'arête séparative du Song-Coï et du Yang-Tsé, que nous venons de citer; au centre, le plateau élevé du Laos, qui descend du Yun-Nan vers le sud-est pour se terminer au cap Saint-Jacques, et qui, plongeant brusquement dans la mer de Chine à l'est, descend en pente douce à l'ouest vers l'immense vallée du Mé-Kong ; de l'autre côté de ce fleuve, un système orographique plus irrégulier et moins connu en sépare les eaux de celles du Meinam et comprend, vers son extrémité, plusieurs bassins secondaires aboutissant aux Grands Lacs cambodgiens, dont le déversoir est le Tonlé-Sap, qui rejoint le Mé-Kong à Ph'nom-Penh. Enfin, tout à fait au nord-ouest, un dernier massif de montagnes, se prolongeant jusqu'à la péninsule malaise, sépare la vallée du Meinam des vastes bassins hydrologiques de la Sélouine et de l'Iraouaddy.

Au point de vue politique, les grandes divisions sont également assez simples. La vallée du Fleuve Rouge, au moins dans sa partie inférieure, à partir de Manghao, constitue le *Tong-King*, qui est aujourd'hui la plus importante vice-royauté du *Royaume d'Annam.*

Ce royaume comprend tout le versant oriental du plateau laotien et forme, par suite, une mince bande de terre longeant la mer de Chine jusqu'au cap Padarang, et jouant, par rapport au Laos, un rôle analogue à celui de la Norwège par rapport à la Suède dans la péninsule scandinave.

Le *plateau du Laos* lui-même est occupé par des populations vivant à l'état demi-sauvage, et généralement tributaires du royaume de Siam. Quelques-unes d'entre elles cependant payent un tribut à l'Annam et parfois même un double tribut à ces deux grandes nations.

Le *Royaume de Siam*, à son tour, embrasse le bassin du Meinam et celui du Mé-Kong entre les Lacs et la

frontière chinoise; la partie inférieure de ce bassin constitue, avec une partie de la région des Grands Lacs, le *Royaume Khmer* ou le *Cambodge;* enfin, le delta de ce fleuve immense, dont le cours a un développement de près de 3.000 kilomètres, ainsi que les bassins du Donnaï, de la rivière de Saïgon et du Vaïco qui descendent des derniers contreforts du Laos, sont occupés par la *Cochinchine française.*

Deux races principales se partagent cet immense territoire; la *race jaune*, représentée par les Annamites et par de nombreuses colonies chinoises, est confinée dans le Tong-King, l'Annam et la Cochinchine; tout le plateau du Laos et les bassins du Mé-Kong (au sud de la frontière chinoise) et du Meinam sont habités par des populations se rattachant à la *race malaise*, et qui sont des rameaux de la grande famille que les anthropologistes désignent sous le nom de *Dravidiens* ou de *Pro-Malais.*

Ce sont : les *Siamois*, qui se rapprochent le plus des populations primitives de l'Inde, avant l'invasion aryenne; les *Tchongs*, les *Moïs*, les *Khouys*, les *Nahams*, les innombrables *tribus laotiennes*, et enfin les *Khmers* dont l'antique prospérité et la glorieuse civilisation, attestées par les ruines imposantes de leur immense capitale Ang-Koor, ont été détruites après de longs siècles de résistance et de conquêtes, par les attaques et les invasions combinées des Siamois au nord-ouest et des Annamites au midi.

La race jaune, représentée par les Annamites, se distingue par un esprit vif, souvent fin et railleur, et par un caractère industrieux qui lui donne de grandes facilités pour s'assimiler les progrès de l'industrie européenne.

Son occupation principale est l'agriculture et spécialement la culture du riz, à laquelle les riches limons du Son-Coï, du Donnaï et du Mé-Kong se prêtent merveilleusement. Aussi les plaines basses des deltas de ces grands fleuves sont-elles presque entièrement couvertes de rizières, dont les

produits se répandent jusqu'en Chine d'une part et jusque dans les Indes néerlandaises de l'autre (*).

Passionnés pour l'instruction, les Annamites ont fait de cette dernière, constatée et mesurée par trois séries d'examen, le critérium de l'accessibilité à tous les emplois, grades et dignités du royaume. Les examens, calqués sur ceux de la Chine, divisent ceux qui les ont subis avec succès en trois catégories, auxquelles les premiers missionnaires ont donné, faute de mieux, les qualifications, empruntées à nos usages universitaires, de *bacheliers*, *licenciés* et *docteurs*. Les bacheliers sont exempts de la corvée; le grade de licencié ouvre les portes du mandarinat et donne accès aux fonctions administratives; enfin c'est parmi les docteurs que sont choisis les grands dignitaires du royaume.

L'institution de ces examens, quelle qu'en soit d'ailleurs la valeur réelle (**), montre le caractère essentiellement démocratique des principes sur lesquels repose le régime politique de l'Annam. Complété par une organisation administrative analogue, au moins dans sa forme, à nos

---

(*) Dans la Cochinchine française cette exportation, sextuplée depuis la conquête et favorisée par la création d'un réseau de voies de communication, dont la longueur actuelle dépasse 3.000 kilomètres, atteint aujourd'hui 6 millions de *piculs*, soit 3.600.000 quintaux métriques, dont les droits de sortie sont la base de l'équilibre budgétaire de la colonie.

(**) Ces examens portent principalement sur les ouvrages de littérature et de philosophie des lettrés chinois, le caractère idéographique de l'écriture chinoise permettant à cette dernière de figurer également les mots de la langue annamite. Les lettrés des deux nations peuvent donc lire les mêmes livres et communiquer entre eux par voie de correspondance, alors même qu'ils sont dans l'ignorance absolue de leurs langues respectives. Les épreuves pour l'obtention des grades militaires sont, au contraire, essentiellement corporelles, le soldat et même l'officier étant regardés comme des hommes d'action, chargés simplement d'exécuter les combinaisons stratégiques dont l'initiative est réservée aux grands mandarins civils. C'est la plus rigoureuse application connue de l'adage juridique romain : *Cedant arma togæ.*

institutions françaises, et débarrassé de tout fanatisme religieux, ce régime a fourni de nombreux points d'appui à notre influence et a permis de donner à la Cochinchine une organisation pleinement en harmonie avec nos institutions libérales.

Sans doute l'identité est loin d'être complète, l'élément fondamental de notre vie politique et sociale, l'individualisme, étant inconnu dans l'Annam comme en Chine, et y étant remplacé par ce que M. Le Myre de Vilers a si justement nommé le *collectivisme familial.*

Ce système, qui subordonne complètement l'individu à la commune considérée comme une famille agrandie, rappelle l'oligarchie municipale de la Gaule et annihile le développement individuel si indispensable à l'épanouissement pacifique du progrès social. Grâce au respect que la France a montré pour cette organisation, les populations annamites ont accepté une autorité qui assurait la sécurité de leurs biens et de leurs personnes, ainsi que la perception unique d'un impôt bien défini, le départ des hauts fonctionnaires ayant fait disparaître l'arbitraire et transformé les corvées en un système de prestations équitables.

Aussi ne faut-il pas s'étonner si la densité de la population annamite n'a pas cessé de croître dans les différentes provinces de notre colonie et si elle a dépassé déjà le chiffre moyen de celle de la France dans les arrondissements de Mytho et de Bantré.

## § 2. — **Géologie.**

Les documents relatifs à la géologie générale de l'Indo-Chine sont encore trop peu nombreux pour que l'on puisse donner une esquisse complète de la constitution géologique de cette vaste péninsule. Néanmoins nos observations, jointes aux renseignements déjà publiés par les explorateurs du Mé-Kong, MM. Doudard de Lagrée et Garnier, par

le docteur Harmand, par M. Petiton et par MM. Sauvage e de Richthofen, et à ceux qu'ont bien voulu nous communiquer MM. Caspari, Pavie et de Villeroy, nous permettent d'indiquer sur une petite carte, à l'échelle moyenne du dix-millionnième, qui est la réduction de celle de M. Dutreuil de Rhins, quelques-uns des grands traits d'ensemble qui caractérisent cette constitution (Pl. VI).

### A. — Terrains sédimentaires.

Les terrains sédimentaires dont nous avons constaté l'existence en Indo-Chine ne forment qu'une fraction réduite de l'échelle géologique.

Cela tient, en partie au moins, à ce que nos explorations, à cause de leur but limité et strictement défini, devaient forcément nous ramener dans des régions géologiquement semblables; heureusement les inconvénients de cette monotomie sont un peu atténués par la circonstance que les terrains qui renférment le charbon et ceux entre lesquels ils sont compris géologiquement, jouent un grand rôle dans la constitution de l'Annam et du Tong-King, une place importante étant, d'autre part, réservée aux granites qui dominent sur la côte dans toute la partie méridionale de la presqu'île, et que nos explorations nous ont également fait rencontrer.

#### a. — *Schistes anciens.*

Nous avons reconnu l'existence d'un grand terrain de schistes anciens dans la partie inférieure de la rivière de Tourane, au passage de ce fleuve à travers les contreforts de la grande chaîne parallèle à la côte (*fig.* 2, Pl. VIII).

Ils comprennent deux variétés principales : 1° un schiste vert, siliceux, dur et compact, qui paraît former la partie supérieure du terrain, et un schiste lustré gris avec de nombreux petits cristaux diffus de staurotide (?).

Nous y avons en vain cherché des fossiles permettant de déterminer leur âge ; mais on peut, à titre provisoire, les ranger dans le terrain silurien, leur cristallinité comme leur allure permettant, à coup sûr, de les classer au-dessous des schistes bariolés inférieurs au calcaire-marbre dont nous allons parler dans un instant.

Ils sont redressés et plissés, avec une orientation générale N.N.E.-S.S.O., par le granite qui se développe le long de la côte et forment, dans leur ensemble, une petite chaîne alignée sensiblement dans le sens du redressement des couches et qui paraît se souder au grand plateau qui forme la séparation entre les bassins du Song-Coï, du Mé-Kong et ceux des fleuves de l'Annam.

Ces derniers, qui descendent du Laos pour traverser l'étroite bande formée par l'Annam, et dont le cours est par suite dirigé de l'Ouest à l'Est, ne peuvent franchir les contreforts parallèles à l'arrête de partage qu'en suivant les lignes de fractures qui déchirent cette arête. La résistance exceptionnelle du terrain quartzo-schisteux ancien permet à ces fractures de se présenter sous forme de hautes falaises aux formes hardies, dont les pentes abruptes plongent verticalement dans les eaux silencieuses et rapides des fleuves, et de former ainsi des défilés d'un pittoresque grandiose, qui rappellent ceux du Rhin et du Danube, mais auxquels l'intensité luxuriante de la végétation tropicale prête un charme et une grandeur incomparables.

Nous avons encore constaté l'existence du terrain quartzo-schisteux ancien au-dessus du granite à petits éléments qui forme l'ossature du promontoire qui encadre la baie de Tourane du côté du sud, et un peu au nord du cap Padarang. Il est donc probable qu'il forme une immense bande plus ou moins continue, voisine de la crête du plateau laotien et encadrant, comme semblent le prouver les observations du docteur Harmand, le granite qui constitue l'ossature principale de ce plateau.

### b. — *Terrain dévonien.*

Nous rangeons dans le terrain dévonien un groupe complexe de schistes et de grès que nous avons principalement étudiés au Tong-King où ils sont recouverts, en stratification discordante, par le calcaire à *Encrines* et à *Cyathophyllum*. Ils sont composés de schistes bariolés et satinés, tantôt roses ou lilas, tantôt blancs ou gris-verdâtres, généralement micacés, mais parfois aussi talqueux et passant à de vraies argilophyres, et de grès bleus ou vert-pâle à grains fins et principalement quartzeux.

Les uns et les autres renferment souvent, interstratifiés entre leurs couches, des dépôts plus ou moins considérables d'oxyde de fer généralement hydraté et plus rarement anhydre, tous deux amorphes ou concrétionnés. On y trouve de nombreux fragments des tiges d'une encrine de grande taille et des empreintes peu déterminables de bivalves, appartenant probablement au genre *Orthis*.

La plasticité de ces roches leur a permis, lors des phénomènes de soulèvement, d'affecter des ondulations et des plissements nombreux, sans subir de déchirements ni présenter de failles avec grandes dénivellations ; leur faible résistance aux agents atmosphériques a encore adouci leur relief et nivelé leurs pentes, de telle sorte qu'elles se présentent généralement sous la forme de collines basses qui offrent un contraste frappant avec les rochers abruptes de calcaire-marbre qui les surmontent. Elles sont fréquemment recoupées par des filons de quartz et d'oxyde de fer qui sont peut-être la source des dépôts de même nature dont nous avons constaté la présence sous forme de lentilles au milieu de leurs strates ; enfin les quartz sont quelquefois aurifères, et c'est à eux que nous rapportons l'origine des pépites et des paillettes d'or qui se rencontrent dans les cours d'eau et les alluvions de la province de Mi-Duc.

Nous rattachons à cette formation les grès et quartzites qui se trouvent au fond de la vallée de Qui-Nhone, ainsi que les alternances schisto-gréseuses avec lits de minerais de fer qui constituent les collines encadrant la baie de Singapore.

Elle n'a point été séparée sur la carte d'avec les schistes anciens, dont son allure stratigraphique la rapproche beaucoup et dans le groupe desquels elle a été comprise par tous les observateurs qui nous ont précédés.

### c. — *Calcaire carbonifère.*

Le calcaire carbonifère joue un rôle important dans la constitution de l'Indo-Chine. Il est constitué par un calcaire-marbre à texture cristalline généralement gris noirâtre, exceptionnellement rose ou lilas pâle, et contenant des phtanites, concentrations siliceuses, employées comme briquets. La finesse et la compacité de son grain le rendent susceptible de prendre un beau poli, et il pourrait être utilisé comme marbre de construction et même d'ornementation.

Son âge est déterminé d'abord par sa situation stratigraphique, qui est comprise entre les schistes que nous venons de décrire et la formation des grès et argiles versicolores avec couches de houille à la base, et, en second lieu, par la présence de nombreux polypiers qui, bien qu'ils soient entièrement fondus dans sa masse, ont pu être déterminés, au moins génériquement, et rapportés au genre *Zaphrentis*, voisin des *Cyathophyllum* (*).

Malheureusement ni l'une ni l'autre de ces indications ne conduisent à une détermination d'âge absolue, et toutes deux permettent de paralléliser le calcaire-marbre de l'Indo-Chine, soit avec le *calcaire dévonien de Givet*, soit avec le

(*) L'espèce la plus abondante rappelle, par la disposition de ses cloisons, le *Zaphrentis Guerangeri*, du calcaire carbonifère de Sablé; cependant ses cloisons sont plus nombreuses (46 au lieu de 40) et le polypier est beaucoup plus cylindrique; il est donc probable que c'est une espèce nouvelle. (Note de M. Douvillé.)

*calcaire carbonifère.* La Commission d'exploration du Mé-Kong s'est arrêtée à la première de ces deux solutions; nous avons adopté la seconde à cause de l'extension prodigieuse du calcaire carbonifère dans tout l'empire chinois où M. de Richthofen a nettement constaté son existence, bien caractérisée par de nombreux *Productus*, à la base du terrain houiller.

Dans toutes les régions où nous avons pu l'observer, — au Tong-King comme dans la baie de Tourane, — il a été violemment disloqué et ses assises redressées forment des rochers dentelés, aux flancs sauvages, aux pics inaccessibles. C'est lui qui constitue cet archipel si pittoresque, formé de plusieurs milliers d'îlots et de récifs de toutes dimensions et de toutes formes qui bordent la rive septentrionale du golfe de Tong-King et dont le dédale, longtemps dangereux pour les navires européens, a servi de refuge, pendant des siècles, aux pirates chinois et annamites.

Aujourd'hui l'étude hydrographique de ces parages inhospitaliers est activement poursuivie par les soins de la marine française. Les canonnières, et même les avisos, sillonnent les baies de Hâ-Long, de Faitzi-Long, de Cuâ-Phâ, explorent leurs anses les plus reculées et signalent les routes navigables à travers les détroits de ce colossal labyrinthe. La piraterie a disparu, au moins comme institution, et de paisibles barques de pêcheurs remplacent les jonques de guerre qui guettaient au passage les sampans de commerce des hardis caboteurs de la côte.

Géologiquement aussi, le chaos s'est débrouillé; nous avons pu constater que ces îlots, semés en apparence d'une manière si capricieuse au milieu des flots, étaient, en réalité, alignés suivant un petit nombre de lignes parallèles entre elles sur de grandes longueurs; dans chacune de ces lignes, la direction des couches présente une régularité surprenante, tandis que leurs pendages sont tantôt concordants et tantôt alternatifs.

Dans le premier cas, on se trouve en présence de failles

parallèles, dont les lèvres redressées constituent les escarpements verticaux des falaises ; dans le second, c'est un pli brusque avec rupture des couches du calcaire-marbre, pli au centre duquel apparaissent — suivant qu'il est anticlinal ou synclinal, — soit les schistes et les grès dévoniens, soit les assises plus jeunes des formations houillères.

Les fragments redressés sont naturellement déchiquetés à l'infini par la rupture même des couches et, suivant la hauteur à laquelle ils sont recouverts par la mer, ils forment, soit des chaînes continues à l'arête finement dentelée comme aux environs de Hanoï et de Ké-Sö (Kécheu), soit des récifs et des îlots aux falaises inabordables, fréquemment perforées par de long couloirs et par des grottes, tantôt aériennes, tantôt sous-marines, comme dans la baie de Faitzi-Long (Baguette du Dragon).

Ces grottes constituent même un des signes caractéristiques du calcaire carbonifère, et ce sont elles qui, signalées par les superstitions populaires ou par la tradition historique, font souvent connaître au géologue la présence de cette formation dans des régions lointaines, inaccessibles au voyageur.

C'est ainsi que son existence nous a été indiquée à Batruc, à l'ouest de Hué, au Col des Nuages à l'ouest de la baie de Tourane, près de Vin-Phùoc (province de Quan-Binh), à Tain-Binh et près de Thru-Tuc dans la province de Thau-Hoâ (Tong-King), où se trouve la plus vaste et la plus célèbre des grottes de l'Indo-Chine, enfin au-dessus de Bassac, sur le Mé-Kong, et au sud de Pursât dans le voisinage de la frontière entre le Cambodge et le royaume de Siam.

L'épaisseur du calcaire-marbre est assez difficile à évaluer ; mais on ne sera pas sans doute éloigné de la vérité, en prenant pour sa mesure celle des grands escarpements de la province de Mi-Duc, qui s'élèvent à une hauteur de 5 à 600 mètres au-dessus de la plaine et des collines basses du terrain dévonien.

**d. — *Bassins houillers, grès et argiles versicolores.***

Sur le calcaire carbonifère repose en stratification discordante la puissante formation argilo-gréseuse à la base de laquelle se trouvent les couches de houille dont l'étude a été le but principal de ce travail. Nous les avons désignées sous le nom de *système des grès et argiles versicolores*, évitant volontairement de leur donner une dénomination qui implique un âge géologique bien déterminé, à cause des résultats fournis par les études paléontologiques dont nous parlerons plus loin.

Quoi qu'il en soit d'ailleurs de cette question d'âge, nous nous contenterons ici de donner la caractéristique générale de ce puissant étage, nous réservant de décrire en détail les couches qui le composent, en parlant des différents bassins houillers.

La partie inférieure de l'étage qui renferme les couches de houille est caractérisée par la nature feldspathique et la couleur grise prédominante de ses grès, ordinairement micacés, qui présentent l'analogie lithologique la plus complète avec les grès houillers typiques des bassins européens. Comme ces derniers, ils renferment de nombreuses intercalations de fer géodique et de sphérosidérite. Les schistes y sont rares, de couleur claire et de nature argileuse ou argilo-sableuse. Ils sont souvent noircis par du charbon, surtout au voisinage des couches de houille, et renferment, au Tong-King, de belles et nombreuses empreintes végétales, sur lesquelles nous reviendrons dans un instant.

Les principaux bassins houillers actuellement reconnus sont ceux du Tong-King, du Yun-Nan, de la province de Tinh-Hoa, de Nong-Sön (Annam) et du Laos, notamment celui de Bassac, sur le Mé-Kong.

Immédiatement au-dessus du groupe houiller commen-

cent les grès et argiles versicolores proprement dits. Les couleurs rouges et lie de vin deviennent prédominantes dans les grès, et ceux-ci perdent peu à peu leur feldspath et leur mica pour devenir exclusivement siliceux; parfois même les grains de quartz atteignent des dimensions considérables, et les grès passent alors à de véritables poudingues, dont les assises résistantes forment en général l'ossature du relief de la contrée qu'ils occupent.

Les schistes sont alternativement blancs, rouges, roses et verts; ils sont plus franchement argileux que dans la partie inférieure du système, et passent souvent à de véritables argilolithes. Nous n'y avons point trouvé de fossiles. L'ensemble de toutes ces couches présente les plus grandes analogies lithologiques avec l'ensemble des assises qui constituent, en Europe, les terrains permiens et triasiques; si bien que souvent, au mont Ca-Tang par exemple, on serait tenté de se croire sur une colline des Vosges ou de la Franconie. C'est au sommet de ces couches que l'on trouve, au Yun-Nan et dans la vallée du Mé-Kong, les argiles salifères et les grès imprégnés de cuivre qui complètent l'analogie pétrographique de ce système avec le trias européen.

L'étage que nous venons de décrire, et dont la puissance est certainement supérieure à 1.000 mètres, est un de ceux qui jouent le plus grand rôle dans la structure du sol de l'Indo-Chine. En outre des points où nous l'avons constaté nous-mêmes, au Tong-King, près de Hué, sur la rivière de Tourane, au Cambodge, etc., il a été signalé dans presque toute la vallée du Mé-Kong et au Yun-Nan, enfin au sud du Cambodge à la montagne de l'Eléphant et dans l'île de Phu-Quock, etc., etc. (Voir la carte, pl. VI.)

Enfin c'est à lui que nous croyons devoir rapporter les grès verdâtres tantôt friables, tantôt à grains serrés et passant aux grauwackes qui forment le groupe des collines s'étendant au N. E. du grand lac du Cambodge et qui ont fourni aux anciens habitants de ce pays les matériaux de construc-

tion des monuments khmers et particulièrement des admirables palais d'Ang-Koor-Thôm et d'Ang-Koor-What, qui ont conservé à travers les siècles la finesse de leurs sculptures et l'élégance de leurs bas-reliefs.

Les plantes que nous avons trouvées au Tong-King, au voisinage des couches de houille, ont été l'objet d'une remarquable étude de M. Zeiller, ingénieur des mines (*), qui a constaté parmi elles l'existence de plus de vingt espèces différentes. Les unes sont connues en Europe et sont caractéristiques des bassins rhétiens et infraliasiques de la Franconie, du Banat, de la Scanie, des Vosges et de l'Yonne (Bayreuth, Steierdorf, Hœganaes); ce sont principalement : ***Asplenites Rœsserti***, ***Dictyophyllum acutilobum***, ***D. Nilsoni***, ***Clathropteris platyphylla***, ***Podozamites distans***, ***Pterophyllum æquale***, ***Pterozamites Münsteri***, ***Nilssonia polymorpha***, etc. D'autres, telles que ***Phyllotheca indica***, ***Tæniopteris spatulata***, ***Glossopteris Browniana***, ***Nœggerathiopsis Hislopi***, sont particulières à l'Inde et s'y rencontrent dans des couches (système de Gondwana), attribuées partie aux formations triasiques, partie aux formations jurassiques. Enfin quelques espèces nouvelles, ***Polypodites Fuchsi***, ***Cycadites Saladini***, offrent de grandes analogies avec des espèces appartenant également aux flores de la base de l'époque jurassique. La flore du Tong-King forme donc un lien intéressant entre les flores triasique supérieure, rhétienne et jurassique inférieure de contrées très éloignées les unes des autres à la surface du globe, telles que l'Inde, l'Afrique australe et l'Europe occidentale.

Il n'en est pas de même si l'on considère la constitution lithologique.

Nous avons, en effet, montré que cette dernière présente les plus grandes analogies avec celle des terrains houillers, permiens et triasiques de l'Europe occidentale,

---

(*) *Infrà*, p. 299.

l'identité de composition et de couleur des couches étant complétée par celle des substances adventives qu'elles renferment : le cuivre et le sel, que tous les voyageurs ont signalés comme imprégnant, dans le Yun-Nan et le Laos, les grès et les argiles versicolores de la partie supérieure de cette puissante formation.

Un fait analogue s'observe au désert d'Atacama près de l'ancienne frontière entre le Chili et la Bolivie. Nous y avons étudié, en 1870, le bassin houiller de la *Ternera*, composé de grès feldspathiques et de schistes à empreintes avec couches de houille ; tout cet ensemble était plié, redressé et surmonté, en stratification discordante, par les puissantes assises toujours inclinées d'une grande formation de grès et d'argilolithes aux couleurs vives avec intercalations et imprégnations de sel et de minerais cuivreux. Les empreintes renfermées dans les schistes ont été étudiées par MM. Schimper et Zeiller (*), qui n'y ont reconnu que des espèces rhétiennes.

Si maintenant nous rapprochons ces trois séries lithologiques de l'Europe occidentale, du Chili et de l'Indo-Chine, nous trouvons qu'en ces trois régions si éloignées, une concordance remarquable existe non seulement entre la nature pétrologique des roches, mais entre les épaisseurs relatives des divers groupes de couches de même nature.

Nous sommes donc amenés à conclure naturellement qu'une même série de phénomènes géologiques s'est produite dans ces trois régions et s'y est produite avec des intensités de même ordre.

Si, au contraire, nous attachons à chaque élément de ces trois séries l'âge paléontologique déduit de la flore et de la faune que l'on y découvre, la concordance cesse pour faire place à des oppositions complètes que nous résumons dans le tableau suivant :

(*) *Bull. Soc. géol. de France*, 3e sér., t. III, p. 572. *Note sur les plantes fossiles de la Ternera*, par M. Zeiller.

| Séries lithologiques concordantes comme composition et comme épaisseur. | | | Séries paléontologiques correspondantes. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **France.** | **Tong-King, Indo-Chine.** | **Chili.** | **France.** | **Indo-Chine.** | **Chili.** |
| Calcaires. | Calcaires. | Calcaires. | Faune et flore liasiques. | ? | Faune jurassique. |
| Marnes irisées; gîtes de sel et Muschelkalk. | Grès et argiles versicolores; sel et cuivre. | Marnes versicolores; gîtes de sel. | Faune et flore triasiques. | Pas de fossiles. | Pas de fossiles. |
| Grès rouges et grès métallifères (Vosges,...). | Grès rouges; gîtes de cuivre interstratifiés; argilolithes rouges. | Grès et argilolithes; gîtes de cuivre. | Flore et faune permiennes. | Pas de fossiles. | Pas de fossiles. |
| Schistes; grès et poudingues blancs et gris; gîtes de charbon; grès. | Grès et poudingues blancs et gris; gîtes de charbon. | Grès et schistes micacés; gîtes de charbon. | Flore houillère. | Flore infraliasique ou rhétienne. | Flore rhétienne. |
| Calcaire carbonifère. | Calcaire carbonifère. | ? | Faune carbonifère. | Faune carbonifère. | ? |

L'examen de ce tableau, qui pourrait être étendu à plusieurs autres formations bien connues actuellement sur différents points du globe, permet de juger de la discordance qui existe entre les âges paléontologiques des termes successifs des séries lithologiques si nettes que l'on a sous les yeux. Il est intéressant de constater ainsi que la formation de la houille paraît liée au Tong-King et au Chili comme en France, à un grand système lithologique parfaitement caractérisé, qui correspond à une phase bien définie de l'évolution géologique du globe, mais s'est déposé à la surface de celui-ci à des époques paléontologiques très différentes.

Une remarque de ce genre a d'ailleurs été faite sur un sujet analogue, au Congrès géologique de Bologne, à propos de l'inconvénient que M. Medlicott voyait à teinter de couleurs différentes correspondant au permien, au trias, au lias et à l'oolithe, les terrains constituant le système de

Gondwana, qui font partie d'un même et unique système lithologique homogène (*), et dont l'ensemble paraît être stratigraphiquement l'homologue aux Indes de la série secondaire de l'Europe.

La position des couches de combustible dans la série lithologique du Tong-King, la nature de ces charbons qui sont de véritables houilles, enfin l'avantage que nous avons trouvé, en prenant cette mesure, pour la clarté de nos explications, nous ont engagés à conserver, au moins pour la partie industrielle de ce rapport, les noms de bassin, de groupe et même quelquefois de terrain *houiller* au lieu de bassin, de groupe et de terrain *rhétien;* cette première épithète se rapportant, dans notre intention, à la présence de la houille et non à l'âge de la formation.

e. — *Terrains secondaires et tertiaires.*

Les terrains dont nous venons d'esquisser la description sommaire sont les seuls dont nous ayons constaté l'existence dans le cours de notre voyage, les seuls aussi dont il soit fait mention dans les rapports des explorateurs qui nous ont précédés. Est-ce à dire que l'Indo-Chine ne renferme aucun représentant des terrains jurassiques et crétacés et que les étages de la série tertiaire n'y soient représentés nulle part? Nous ne voudrions pas l'affirmer, et l'immense développement de la série jurassique que M. de Richthofen a constaté en Chine nous semble constituer au moins une probabilité de l'existence de quelque représentant de cette série dans la presqu'île indo-chinoise. Déjà M. de Villeroy, dans son exploration de la Rivière Noire, affluent de droite du Fleuve Rouge, a ramassé, dans le lit de la rivière, une petite ammonite qui a dû être arra-

(*) *Congrès géologique de Bologne. Compte-rendu*, p. 652. *Sur le coloriage des cartes géologiques*, par M. H. B. Medlicott.

chée à quelque puissant gîte de fer, car elle est elle-même complètement transformée en fer carbonaté lithoïde.

Malheureusement cette ammonite n'a pu être déterminée spécifiquement, sa forme ne correspondant à aucune des espèces européennes connues. Elle ne peut donc fournir autre chose qu'une indication précieuse sur les régions où pourraient se porter utilement les investigations des géologues pour résoudre l'intéressant problème de la terminaison méridionale des formations jurassiques de l'Asie orientale. Peut-être aussi les calcaires cristallins ou compacts, rencontrés et relevés par la Commission d'exploration du Mé-Kong, et rangés uniformément par elle dans la série dévonienne, n'ont-ils pas tous un âge aussi absolument identique? C'est le problème précédent posé sous une autre forme, et sa solution sera singulièrement facilitée quand les navires européens pourront remonter le Fleuve Rouge, débarrassé des Drapeaux Noirs, et permettre aux géologues d'étudier la série des formations sédimentaires qui, s'échelonnant dans cette immense vallée, finissent par s'appuyer sur le massif des granites stannifères du Yun-Nan.

Quant aux *terrains tertiaires*, leur existence dans la presqu'île indo-chinoise n'a jamais été signalée jusqu'ici.

Nous serions pourtant tenté de leur rattacher des tufs siliceux, de couleur claire, sans trace aucune de fossiles, appuyés en couches horizontales contre des quartzites redressés, probablement dévoniens, qui forment la petite colline dominant les ruines d'Ang-Koor, du côté du nord.

Mais, outre que ce petit lambeau de terrain est tout à fait isolé, nous n'avons d'autre preuve de sa modernité que son faciès lithologique et l'horizontalité de ses couches. Nous nous bornons donc à mentionner sa présence, ajoutant qu'il est certainement d'un âge postérieur à celui des grès et argiles versicolores, et que d'ailleurs sa composition pétrographique pourrait conduire à le rattacher à des

roches volcaniques situées dans le voisinage et dont la végétation tropicale nous aurait masqué la présence.

### f. — *Alluvions.*

Les alluvions de tout âge jouent un rôle important dans l'Indo-Chine. Elles s'y divisent, comme partout, en *alluvions anciennes* se rattachant à la période de creusement des vallées, et en *alluvions récentes* postérieures à ce creusement et correspondant au régime actuel des cours d'eau.

Nous n'avons eu que rarement l'occasion d'étudier les *alluvions anciennes*, nos explorations étant presque toujours restées concentrées dans la partie inférieure des grandes vallées de la péninsule, où ces dépôts sont généralement absents ou masqués par les alluvions récentes. Aussi nous contenterons-nous d'en signaler ici deux exemples :

1° Les graviers qui forment comme une auréole autour des collines de Ph'nom-Deck, dont ils raccordent les derniers contreforts avec la plaine entourant les Grands Lacs Cambodgiens, et qui sont empruntés, non seulement aux collines voisines, mais encore à tout le relief montagneux qui limite le bassin des Lacs. Il est probable que ces graviers ont leurs homologues dans les parties hautes des vallées et dans les terrasses qui en bordent le cours moyen.

2° Le dépôt argilo-caillouteux, désigné sous le nom de *Bien-Hoâ*, que nous avons déjà mentionné dans l'introduction de ce rapport. Ce dépôt, qui est un mélange non stratifié d'argile généralement ferrugineuse et de blocs ou de fragments peu roulés de toutes dimensions, de quartz, de grauwackes et de minerais de fer, s'observe principalement sur le flanc des collines qui terminent le plateau du Laos au sud-ouest, et qui sont comprises dans la province cochinchinoise de Bien-Hoâ et sur les contreforts orientaux de cette grande arête montagneuse.

Nous l'avons également retrouvé, mais avec un développement beaucoup moindre et une moindre proportion d'argile, dans les collines du Tong-King oriental. Les éléments qui le composent paraissent empruntés principalement aux schistes et quartzites avec minerais de fer, que nous avons rangés dans le terrain dévonien, et, de fait, ce terrain s'observe dans le voisinage plus ou moins immédiat de toutes les localités où nous avons rencontré le *Bien-Hoâ*, de telle sorte que ce dernier nous semble pouvoir être considéré comme l'équivalent indo-chinois de l'*argile à silex* du bassin parisien. La formation de chacun de ces deux dépôts remonte, en effet, à l'origine de la période alluvionnelle, et leurs éléments solides se retrouvent, stratifiés fluviatilement, dans les graviers anciens caractéristiques de cette période. Nous les avons notamment observés sous cette dernière forme remaniée aux environs de Saïgon, dans la légère ondulation de terrain sur laquelle est établi le Jardin botanique, et on les a rencontrés, jusqu'à plus de 20 mètres de profondeur, dans le grand puits foré pour alimenter d'eau la ville de Saïgon. Disons enfin que, par suite de la rareté des matériaux résistants dans la Basse Cochinchine, le mélange de quartz, de quartzites et d'oxydes de fer est employé pour l'empierrement des routes de notre colonie, auxquelles il communique une coloration rouge intense tout à fait caractéristique, et signalons, en terminant, l'utilisation éventuelle, sans doute encore lointaine, de ces masses vraiment exceptionnelles d'hématite pour la métallurgie du fer.

Les *alluvions modernes* méritent d'être mentionnées à un double titre : leur développement et la fertilité du sol auquel elles donnent naissance. Ces deux circonstances tiennent d'abord à l'extension même des fleuves de l'Indo-Chine, ensuite au régime hydrologique de ces fleuves et, par suite, des conditions météorologiques des contrées qu'ils arrosent.

Ces contrées possèdent, en effet, une longue saison des pluies, alternant avec une saison d'absolue sécheresse, qui déterminent respectivement dans le régime des fleuves une période de crues et d'inondations suivie d'une période, beaucoup plus courte d'ailleurs, de basses eaux. Pendant la première de ces deux périodes, les eaux, chargées d'une forte proportion de limon, principalement emprunté au granite et aux grès et argiles versicolores et qui, à cause de cette double origine, est généralement argileux et fréquemment kaolineux, colmatent énergiquement leurs rives où elles sont retenues pour la culture du riz, de l'indigo, de la canne à sucre, par d'ingénieux travaux de canalisation et d'endiguement. L'excédent, toujours considérable, de matières limoneuses, est entraîné jusqu'à la mer, où tout ce qui n'est pas emporté par les courants de la côte se dépose dans l'estuaire même du fleuve, sans cesse agrandi par cet incessant apport de matières solides.

Nous devons à M. Boulangier, ingénieur en chef des ponts et chaussées (*), quelques chiffres qui permettent de mesurer l'intensité de ces divers phénomènes pour le plus grand des cours d'eau de l'Indo-Chine, le Mé-Kong, doublé de son affluent, le Tonlé-Sap, qui sert de déversoir aux Grands Lacs Cambodgiens.

Le Mé-Kong se jette dans la mer de Chine par quatre embouchures dont la largeur totale n'est pas inférieure à 30 kilomètres, la hauteur moyenne des eaux étant de 4 mètres environ, et la vitesse du courant variant de $0^m,50$ pendant la saison sèche à $1^m,50$ pendant la saison des pluies, ce qui lui donne une moyenne d'au moins $0^m,75$.

Ces chiffres correspondent à un débit de $30.000 \times 0,75 \times 4$ ou de 90.000 mètres cubes par seconde, soit de 3.888.000.000 de mètres cubes par journée de 12 heures

(*) *Excursions et reconnaissances de la Cochinchine*, n° 10.

(à cause de la marée), soit enfin de 1.400 milliards de mètres cubes environ par an.

Cet énorme volume d'eau tient en suspension une quantité de limon qui varie de 5 à 15 dix-millièmes, et qui s'élève par suite à 1 millième environ en moyenne. Mais comme une partie de ce limon est empruntée par voie d'affouillement au delta lui-même, nous prendrons 7 dix-millièmes seulement pour la proportion de limon qui contribue au développement réel de l'estuaire. Ce dernier s'augmente donc annuellement de *un milliard de mètres cubes environ*, qui s'accumulent en avant de l'embouchure, sous forme de bancs de sable et de vase, d'abord encore mouvants, puis lentement consolidés et couverts de la mystérieuse végétation des palétuviers qui ne prospère que grâce à une submersion diurne dans l'eau saumâtre amenée par la marée haute, enfin définitivement émergés, dessalés par les pluies et livrés à la culture. Aussi n'est-il pas difficile, en remontant le cours des temps, d'assister en quelque sorte par la pensée à la formation de toute la Basse-Cochinchine, sur l'emplacement de laquelle se trouvait autrefois un golfe profond parsemé d'îlots granitiques, et de retrouver même les bords primitifs de ce golfe, qui était encadré à l'est par les derniers contreforts du plateau du Laos, à l'ouest par la chaîne de l'Éléphant, et qui se terminait au nord-ouest par une anse profonde actuellement occupée par les Grands Lacs Cambodgiens.

A cette époque, le Mé-Kong avait son embouchure à la hauteur de Ph'nom-Baché, bien à l'est des Grands Lacs actuels, qui constituaient alors un bassin hydrographique entièrement indépendant.

Cet état de choses n'a pas tardé à se modifier profondément, grâce aux atterissements apportés par le Mé-Kong, qui, après avoir relié entre eux et au continent les îlots de Compong-Swai, se sont accumulés devant l'anse des Lacs Cambodgiens, dont elles ont finalement intercepté la communication directe avec la mer.

Les eaux du bassin des Lacs ont alors lentement dessalé ces derniers; pendant une longue période de siècles, elles se sont encore rendues directement à la mer, à travers l'estuaire sans cesse grandissant; puis elles ont rejoint le Mé-Kong dont le cours, un instant dirigé vers l'ouest, avait repris sa direction normale vers le sud, convergeant ainsi vers le déversoir des Lacs, et finissant par en absorber les eaux dans son cours majestueux.

C'est ce qui a lieu encore aujourd'hui. Le Tonlé-Sap et le Mé-Kong se rejoignent à Ph'nom-Penh, et ce sont leurs eaux réunies qui continuent à développer l'immense estuaire de la Basse-Cochinchine, et à en relever le niveau par voie de colmatage annuel.

Mais la jonction de ces deux cours d'eau présente une particularité du plus haut intérêt. La différence qui existe entre les dimensions de leurs bassins hydrologiques entraîne une différence énorme dans l'importance de leurs crues annuelles. Les eaux du Mé-Kong s'élèvent chaque année à une hauteur de 12 à 14 mètres au-dessus de l'étiage du confluent à Ph'nom-Penh, tandis que celles de son affluent régularisé par les lacs ne présenteraient, si elles se rendaient directement à la mer, et n'ont dû présenter autrefois, quand cette circonstance était réalisée, qu'une crue insignifiante.

Il en résulte que, dans l'état actuel, les eaux sont refoulées dans le Grand Lac par les crues du Mé-Kong, et cela jusqu'à ce que le niveau de ce dernier atteigne la hauteur du plan d'eau à Ph'nom-Penh. Cette circonstance est réalisée quand ce niveau s'est élevé d'environ 7 à 8 mètres au-dessus de l'étiage. Alors, après une courte période où les eaux sont étales dans le Tonlé-Sap, ce qui donne la cote de nivellement absolue du lac à ce moment, le mouvement inverse recommence et se prolonge jusqu'à la fin de la saison sèche de l'année suivante.

Aussi le colmatage des lacs s'effectue-t-il avec une rapi-

dité plus grande encore que celle de l'estuaire et un petit nombre de siècles suffira pour les transformer, d'abord en marais, ensuite et définitivement en plaines basses qui ne tarderont pas à être couvertes de riches cultures et d'une luxuriante végétation. Dès aujourd'hui, la partie centrale des Lacs est seule abordable aux navires même du plus faible tirant d'eau (1 mètre à $1^{m},50$), pendant la saison sèche, et les sampans de pêche seuls peuvent y pénétrer pendant quatre mois de l'année dans la plus grande partie de leur surface et remonter les cours d'eau, autres que la rivière de Battambang, qui convergent dans le Tonlé-Sap.

Inversement, les annales de l'histoire nous ont conservé, sous la forme d'un récit enthousiaste d'un voyageur chinois du VIIIe siècle, le souvenir d'un temps où les eaux du lac remplissaient les vastes dépressions creusées devant les murailles d'Ang-Koor.

Enfin, les stations préhistoriques appartenant à l'âge du bronze et de la pierre polie, découvertes aux portes de Saïgon et surtout au monticule de Som-Ron-Sen (*), sur le Strung-Chinnit, affluent du Tonlé-Sap, stations dont la seconde au moins est certainement antérieure à la date initiale du remplissage ascendant des Lacs par les crues annuelles du Mé-Kong, sont les témoins palpables d'une époque encore plus reculée, où la Cochinchine actuelle était réduite à quelques îlots rocheux, imparfaitement reliés par des lagunes vaseuses, au bord desquelles vivaient quelques peuplades de Dravidiens, époque qui coïncide sensiblement avec celle de l'invasion de l'Inde par la race ahrienne, et qui remonte, par suite, à un petit nombre de siècles avant l'ère chrétienne.

---

(*) Note sur la station préhistorique de Som-Ron-Sen et considérations sur l'âge de cette station, *Bull. de la Soc. géol. de France* 3e série, tome XI.

### B. — Roches plutoniques.

#### a. — *Roches éruptives.*

Les roches éruptives jouent, elles aussi, un rôle important dans la constitution du sol de la Cochinchine, et mériteraient également une étude spéciale et approfondie. Nous n'avons malheureusement pas pu songer à aborder cette étude au cours de nos explorations; aussi, serons-nous très brefs à leur égard, nous bornant à mentionner celles que nous avons eu occasion d'étudier sur place ou tout au moins sous forme d'échantillons bien déterminés, remettant à plus tard leur étude micrographique complète.

**Roches granitiques.** — Le *granite normal ancien* est concentré principalement dans le voisinage de l'axe du plateau laotien, de part et d'autre duquel les schistes anciens sont redressés symétriquement. Une relation de position analogue s'observe dans quelques-uns des contreforts principaux de la grande chaîne, notamment dans la baie de Tourane où nous avons vu les schistes anciens reposer sur le granite à petits éléments du promontoire qui encadre la baie au sud-ouest.

A ce granite a succédé un *granite à gros éléments*, passant à la *pegmatite*. Cette roche forme des dykes et peut-être des filons au milieu du granite ancien, comme on peut le voir dans le petit promontoire qui sépare la baie de Chou-May de la lagune de Te-Yen.

Les *granulites* viennent ensuite; elles sont nombreuses et variées; elles paraissent former la roche dominante des nombreux petits massifs qui émergent au milieu de la plaine alluvionelle de la Basse-Cochinchine, ainsi qu'il est résulté des déterminations micrographiques faites par

MM. Fouqué et Michel Lévy, sur des échantillons rapportés par M. Petiton en 1870.

Elles s'observent notamment sur les deux rives du Donnai, près de Bien-Hoâ, et constituent le mont Digne, au nord de Baria, les monts Taigne-Mô, enfin le massif du cap Saint-Jacques, derniers contreforts méridionaux du plateau laotien.

Nous avons également constaté leur présence en filons au milieu d'un granite plus ancien qui forme les collines en face de Ph'nom-Dêck. Enfin, elles forment une partie de l'île de Poulo-Condor et le monticule qui domine Houdon, l'ancienne capitale du Cambodge, où elles sont exploitées pour pierres de taille et matériaux d'empierrement.

Les *microgranulites* ont eté principalement observées par nous au fond de la baie de Chou-May, où elles apparaissent, au milieu du système des schistes et quartzites redressés qui ferment la baie au nord-ouest, en y formant des filons qui semblent en relation d'âge intime avec les terrains stratifiés qui les encaissent. C'est cette considération qui nous a fait rapporter ces terrains au système dévonien, la période d'arrivée principale des microgranulites étant contemporaine ou peu postérieure au dépôt du calcaire carbonifère.

Enfin, pour clore la série des roches granitiques, nous mentionnerons des *diorites* bien caractérisées et des *kersantites* qui ont été signalées au cap Saint-Jacques, mais que nous n'avons malheureusement pas vues en place.

En revanche, nous les avons rencontrées, avec une certaine abondance, parmi les galets constitutifs des poudingues, si abondants dans le bassin houiller de Nong-Sön, notamment à la base du mont Cat-Tang. Il est possible que ces roches se présentent en filons dans le terrain ancien des *Montagnes de zinc*, où nous avons vainement cherché les gîtes métallifères qui nous y étaient signalés.

**Roches porphyriques.** — Les roches porphyriques ont également des représentants assez nombreux dans l'Indo-Chine, mais nous n'avons eu que très rarement l'occasion de les observer. Nous signalerons seulement ici la *porphyrite* du cap Saint-Jacques, très voisine des microgranulites, au milieu desquelles elles apparaissent; *les porphyres pétrosiliceux anciens* dont nous avons trouvé des échantillons sous forme de galets dans les poudingues du système des *grès et argiles versicolores* au sud-ouest de Monk-Haï, et qui, en Europe, ont un âge nettement déterminé, celui du terrain houiller inférieur, *les porphyres quartzifères* globuleux signalés par M. Petiton à Vigne-Trung, au sud de Chau-Doc, enfin un porphyre quartzifère beaucoup plus moderne, se rapprochant des *porphyres molaires*, et qui est en relation intime avec le gîte de fer de Ph'nom-Dèck. Enfin, tout récemment, M. Pavie vient de découvrir dans les Ph'nom Tressey, collines au sud de la rivière de Battambang, une *stéatite* compacte et translucide, très voisine de la *pierre ollaire*.

**Roches volcaniques.** — Nous n'avons constaté nulle part de roches volcaniques en place; nous ne ferons donc que mentionner ici l'îlot *trachytique* du Tigre, dans la mer de Chine, un peu au nord de Hué, les trachytes de Poulo-Condor et ceux de Poulo-Way, dans le golfe de Siam, relevés par M. Caspari, ingénieur hydrographe, les *galets basaltiques* de la plage de Qui-N'hone, enfin le piton de *basalte* signalé par M. Petiton au sud de Bien-Hoâ.

### b. — *Roches filonniennes.*

Nous avons déjà raconté l'échec des tentatives faites pour trouver les gîtes de zinc et de cuivre qui nous étaient signalés dans la province de Tourane; d'autre part, nous ne sommes pas remontés assez haut sur le Mé-Kong ou le

Fleuve Rouge, pour atteindre les grands massifs granitiques sur le bord desquels apparaissent les *gîtes d'étain* si importants du Laos et du Yun-Nan.

Ces derniers ont été décrits par M. Francis Garnier et par M. le comte de Kerkaradec, consul de France à Ha-Noï, qui a donné sur eux d'intéressants renseignements statistiques et commerciaux dans les numéros 3 et 8 des *Excursions et reconnaissances de la Cochinchine.* Nous les résumons brièvement ici.

La partie saillante de cette description est le mode employé pour le trafic des marchandises entre le Yun-Nan et le Tong-King par la voie du Fleuve Rouge. Ce trafic se fait par voie d'échanges, les barques amenant du sel, du tabac et des produits européens à la remontée du fleuve et rapportant à la descente principalement des soies, des huiles et surtout des métaux, parmi lesquels l'étain joue un rôle prépondérant.

La différence entre les valeurs déclarées en douane des produits à la montée et à la descente représente les frais de transport, les tarifs douaniers de l'Annam et de la Chine, et, depuis 1874, les perceptions, beaucoup plus onéreuses et plus arbitraires, opérées par les Drapeaux Noirs.

Cet ensemble est égal à la moitié de la valeur des objets à la sortie et presque égal à celle des objets à l'entrée ; de telle sorte qu'en partant du Yun-Nan, les premiers subissent une dépréciation de 50 p. 100, les seconds étant au contraire renchéris de près de 100 p. 100 à leur arrivée sur le marché chinois. C'est ce qui explique comment, au Yun-Nan, on peut échanger poids pour poids l'étain contre le sel, et montre du même coup l'immense avantage que retirerait le commerce européen de la libre circulation sur le Fleuve Rouge sous le protectorat français.

Disons en terminant que la quantité annuelle d'étain amenée à Ha-Noï est de 1.000 tonnes seulement environ contre 3 à 4.000 tonnes qui prenaient cette route avant 1874. La

raison de cette diminution ne réside pas dans les mines, dont la production totale semble plutôt augmenter, mais dans les vexations des Drapeaux Noirs et dans les complications et l'arbitraire peu déguisé des douanes annamites.

**Filons de quartz et alluvions aurifères.** — Les gîtes aurifères de l'Indo-Chine sont connus depuis longtemps, et il y a déjà bien des siècles que les populations riveraines des grands fleuves et de leurs tributaires se livrent au lavage des alluvions aurifères, charriées par la presque totalité des cours d'eau de la péninsule.

Ce lavage se fait d'une manière extrêmement rudimentaire, à l'aide de battées en bois dont les indigènes se servent avec une très grande dextérité, et l'"or recueilli dans cette opération entre, chaque fois qu'elle est autorisée par les gouvernants, pour une forte proportion dans les impôts ou les tributs que payent à leurs souverains respectifs les populations qui se livrent à cette industrie primitive.

Sur le Mé-Kong, les localités reconnues comme aurifères sont nombreuses, et, pour ne citer que celles qui sont les plus voisines de notre colonie, on a fait dans ces dernières années de nombreuses recherches dans la région où le Mé-Kong traverve la petite chaîne de Compong-Sirac entre Hong-Trong et Kratich. Ces recherches ont donné des résultats très variables, accusant parfois des richesses de 15 et même 20 gr. d'or par tonne, mais constatant aussi fréquemment l'absence de ce métal, ou tout au moins son extrême dissémination.

Au Tong-King nous avons exploré nous-mêmes la région de Mi-Duc, sur le Song-Dou, signalée pour sa richesse aurifère, et, malgré le mauvais vouloir absolu des fonctionnaires annamites, malgré la terreur des populations, intimidées par les menaces des fonctionnaires et par les lois draconiennes édictées par la cour de Hué contre les orpailleurs, nous avons avons pu nous faire une idée des conditions de gisement du métal précieux.

Nous avons constaté que les alluvions aurifères étaient assez nettement concentrées dans une série de bassins qui correspondaient assez bien avec l'affleurement des grès satinés et des schistes lustrés versicolores que nous avons rattachés au terrain dévonien.

Ces grès et ces schistes forment, dans la province de Mi-Duc, une série de bombements, constitués par des collines aux formes arrondies et surmontés par de gigantesques escarpements de calcaire-marbre.

Ils sont recoupés par de nombreux filons d'un quartz translucide, tantôt compact, tantôt carié, qui contient de l'or natif sous forme de mouches généralement à peine perceptibles.

Les fragments de ce quartz, qui est la roche la plus résistante de la contrée, s'accumulent dans le thalweg des cours d'eau et se retrouvent dans les alluvions de tout âge qui occupent le fond des vallées.

L'imperméabilité du sol de ces dernières fait que l'on y trouve, même pendant la saison sèche, de nombreux petits cours d'eau qui offrent une aide précieuse à l'examen des alluvions.

Nous avons parcouru pendant plusieurs jours trois de ces grandes dépressions, situées aux environs de Mi-Duc; nous avons fait faire, dans chaque cours d'eau, de nombreuses battées, en prenant, sans distinction aucune, les sables alluvionnels sur lesquels coulait la rivière et les terres limoneuses qui les surmontent. La presque totalité de ces battées a été productive et nous a donné une proportion plus ou moins considérable de petites paillettes d'or, souvent à peine visibles à l'œil nu.

L'impossibilité de faire des pesées dans des conditions de travail aussi désavantageuses ne nous permet pas de formuler des chiffres représentant la teneur en or des graviers et des limons soumis à l'essai, mais il importe de signaler l'universalité de leur richesse.

Quant aux quartz, nous n'avons pu recueillir qu'un petit nombre d'échantillons sur place, dans le ravin de Phô-Ré, mais nous avons ramassé de nombreux galets roulés dans les divers cours d'eaux. Ces quartz ne présentaient, même à la loupe, aucune trace d'or visible; leur analyse, faite à l'École des mines, a pourtant révélé les teneurs fort élevées de 40 gr. d'or par tonne pour les quartz pris sur place, et de 26 gr. par tonne pour les galets des ruisseaux.

Une exploration complète de cette région, entreprise dans des conditions moins désavantageuses que celles dans lesquelles nous étions placés, nous paraît donc un desideratum sérieux auquel il faudra songer à donner satisfaction lorsque le Tong-King sera soustrait à l'autorité exclusive des mandarins annamites.

---

# CHAPITRE II

## ÉTUDE DE QUELQUES-UNS DES BASSINS HOUILLERS DE L'ANNAM ET DU TONG-KING

---

### § I. — Constitution des bassins houillers.

#### A. — GÉOGRAPHIE ET TOPOGRAPHIE GÉNÉRALES.

Le bassin houiller du Tong-King forme une bande presque continue, dirigée, en moyenne, du N. 70° E. vers le S. 70° O., et reconnue actuellement sur une longueur de près de 60 milles, soit 111 kilomètres environ parallèlement à la côte. Sur ce développement, la limite Sud du bassin est seule explorée; on n'a sur la limite Nord que des

renseignements trop peu nombreux ou trop vagues pour pouvoir en fixer le contour dès aujourd'hui.

Le point le plus occidental connu se trouve au village de *Lang-San*, non loin de Dong-Trieu, au sud de la vallée d'alluvions qui sépare cette ville de la grande chaîne inexplorée du nord de la Province Quang-Yen.

De ce point, on peut suivre le bassin soit par les affleurements du terrain houiller, soit par les bords inclinés de la cuvette de calcaire carbonifère, jusqu'au chef-lieu, Quang-Yen, et de là, sans interruption, jusqu'à la baie de Hon-Gâc.

A l'est de cette baie, les puissantes couches de houille qui affleurent en de nombreux points nous ont conduit naturellement à explorer la rive N. de la baie de Faïtzi-Long, tout le long de laquelle on trouve des affleurements de terrain houiller et même des indices de couches de charbon.

Ces indices sont très développés auprès du village de Cua-Pha; mais nous n'avons malheureusement pas pu les étudier en détail à cause des impénétrables forêts qui recouvrent le sol tout autour du village.

Au N. E. de Cua-Pha, le bassin est coupé par un pli de calcaire carbonifère, dirigé N. 15° à 20° O., au-delà duquel il reparaît avec sa direction primitive et forme un petit bassin secondaire de dimensions moindres qui contient les nombreux et intéressants affleurements de Ké-Bao.

Plus au N. E. encore, le terrain houiller est masqué par les grandes lagunes de Cua-Shi-Moon qui paraissent le limiter dans cette directiou, car les terrains que l'on retrouve plus loin, à Foutaï-Moon et à Van-Ninh ou Mon-Kaï, appartiennent déjà à l'étage plus récent des grès et argiles versicolores.

La surface de tout le bassin houiller que nous venons de décrire est occupée par des collines de médiocre élévation, atteignant 2 à 300 mètres environ, denudées dans la partie Sud-Ouest, mais couvertes encore, au Nord-Est, de bois touffus dans lesquels les ruisseaux sont pour ainsi

dire les seuls sentiers à peu près praticables. Les plus hautes collines sont formées de grès ou de poudingues très durs, dont les gros fragments encombrent les vallées, et dont les assises redressées ont conservé une pente très prononcée.

Ordinairement les ruisseaux et les dépressions de tout ordre, cols et ravins, etc., ont épousé l'affleurement des schistes et des couches de charbon, de telle sorte que l'on peut quelquefois suivre topographiquement la marche des couches de houille par la seule étude du relief de la contrée.

Cette circonstance, avantageuse pour les premières explorations, présente quelques inconvénients pour l'exploitation définitive dans une contrée qui possède une saison de pluies où les plus petits ruisseaux sont changés en torrents.

En tout état de cause elle nous permet de formuler immédiatement une indication générale sur la profondeur rationnelle à laquelle pourront être portées les exploitations.

On comprend, en effet, qu'il serait imprudent de foncer des puits profonds qui seraient placés forcément tout à la fois dans le voisinage immédiat de la mer et dans le voisinage du thalweg des vallées, l'exploitation dans de semblables conditions devant nécessairement entraîner des frais d'épuisement considérables. Aussi considérons-nous la profondeur de 100 mètres comme un maximum qu'il sera bon de ne pas atteindre tant que l'expérience acquise dans les travaux drainés par des galeries d'écoulement ne se sera pas prononcée au sujet du débit d'eau pluviale à travers les grès fissurés.

### B. — Description particulière des gîtes de charbon.

Les régions houillères les plus intéressantes et les mieux

connues sont les bassins de Hon-Gâc et de Ké-Bao dont nous avons fait une étude spéciale.

Nous allons en donner une rapide description que nous ferons suivre d'une esquisse sommaire du bassin houiller de Nong-Sön sur le Chô-Cui ou fleuve de Tourane.

a. — *Bassin de Hon-Gâc.*

Le bassin de Hon-Gâc s'étend sur une longueur de 10 kilomètres environ, de l'est à l'ouest, et une largeur de 8 kilomètres du nord au sud.

Il est limité au nord par de hautes collines boisées, difficiles à parcourir, qui paraissent s'appuyer régulièrement sur une faille ou sur un pli du calcaire-marbre, parallèle à la baie de Hâ-Long, orientée en ce point de l'est à l'ouest.

Cette muraille de rochers calcaires forme également la limite N. de la baie de Hon-Gâc, mais, au delà, on retrouve le terrain houiller affleurant au pied de la grande chaîne dont la crête sert de frontière entre la Chine et le Tong-King. On le connaît notamment à la sous-préfecture de Hoan-Bô, près de laquelle la houille vient affleurer.

Dans toutes les autres directions, le bassin de Hon-Gâc est entouré par la mer, dont il est parfois séparé par une imposante barrière de calcaire carbonifère très inclinée.

La carte provisoire jointe à ce mémoire (Pl. VII) montre que le bassin peut être divisé, au point de vue topographique, en deux parties bien distinctes : la région dont les eaux se déversent dans la baie de Hon-Gâc et le bassin hydrologique de la baie de Hâ-Long. Notons enfin que l'on trouve un bon mouillage à Hon-Gâc, par des fonds de 9 mètres, et que l'entrée de la baie est praticable par presque toutes les marées et par tous les temps aux bâtiments calant jusqu'à 7 mètres.

**Bassin secondaire de Claireville.** — La rivière

dont l'embouchure est barrée par l'île Hon-Gâc draîne la première de ces deux parties, que nous désignerons sous le nom de bassin secondaire de Claireville; cette rivière reçoit le ruisseau de la mine Henriette sur la rive droite, celui de Hal-Lam et de Claireville sur la rive gauche; elle descend de la mine Jauréguiberry, où elle se forme par le confluent de deux branches que nous n'avons pas explorées plus haut.

La vallée qu'elle suit est naturellement destinée à servir à l'écoulement des produits de l'exploitation des mines. Avec ses circuits, elle forme une route de 8 kilomètres environ depuis la mine Jauréguiberry jusqu'à l'île de Hon-Gâc. Si l'on joint à cette route les embranchements nécessaires pour exploiter la mine Henriette et la mine Marguerite, on peut évaluer à un chiffre d'environ 10 kilomètres le développement des voies ferrées nécessaires à cette région.

Au point de vue de l'assiette de la voie, on peut dès à présent prévoir les circonstances suivantes.

De la mine Jauréguiberry au débouché de la mine Henriette, la voie pourra suivre la vallée à flanc de coteau. Il n'y aura pour ainsi dire pas d'ouvrage d'art à exécuter. La pente est faible; car, d'après le nivellement barométrique, il y a environ 30 mètres de différence seulement entre les deux points extrêmes.

Au débouché de la mine Henriette, la voie, légèrement surélevée au moyen des sables empruntés au thalweg de la vallée elle-même, pourra se développer presque en ligne droite dans la grande plaine d'alluvions formant le delta de la rivière; elle suivra la rive droite jusqu'aux environs de la *Grande Fosse*, point où il faudra choisir entre les deux rives pour la continuer. Le choix paraît plus probable en faveur de la rive gauche. On devra donc, au delà de la Grande Fosse, traverser le delta sur un viaduc établi sur pilotis et long d'environ 200 mètres pour arriver au cap en face de Hon-Gâc. De ce cap à l'île, la plage de sable

découvre à chaque marée, sauf sur une largeur de 20 mètres où il existe un chenal plus profond. Une largeur de 400 mètres au minimum et de 500 mètres au maximum sera ainsi encore à franchir sur pilotis ou sur chaussée, pour amener les charbons dans l'île. Là, rien ne s'oppose plus au chargement direct, car la baie forme un port naturel superbe où peuvent mouiller de grands bâtiments ayant jusqu'à 7 mètres de tirant d'eau.

On rencontre dans ce bassin secondaire, et principalement vers son centre, une nombreuse série d'affleurements de charbon, dont seize ont été reportés sur le plan de détail.

A l'inspection du terrain et pour peu que l'on cherche à suivre ces affleurements, on s'aperçoit bien vite qu'ils peuvent être rapportés à trois groupes de couches, que nous avons nommés :

1° Groupe Carabine,
2° — Massue,
3° — Hamelin,

du nom des bâtiments dont les états-majors et équipages ont le plus contribué à la découverte de ces affleurements et à la réussite de notre mission.

1° *Groupe Carabine.* — Le groupe *Carabine* n'est visible nettement qu'après la *Grande Fosse*, sur la rivière de Hon-Gâc. La coupe relevée en ce point montre des couches de charbon de $0^m,75$, $1^m,65$, $0^m,30$, $0^m,85$ (voir la fig. 7, Pl. IX). Les trois dernières de ces couches peuvent être exploitées simultanément et doivent, par suite, être considérées comme une couche unique ayant une épaisseur totale, en charbon utilisable, de $2^m,80$.

La position de ce groupe au milieu du delta fait qu'il nous a été impossible de le suivre avec certitude à une grande distance. Nous avons cependant de sérieuses raisons de lui rattacher les plaines schisteuses de Claireville, ainsi

que la vallée d'érosion que l'on suit pour aller vers Ha-Tou, et où l'on trouve des fragments de charbon. Mais la certitude n'étant pas absolue à cet égard, nous n'avons pas tenu compte de ce groupe dans les cubages, où il figure simplement pour mémoire.

2° *Groupe Massue.* — On peut suivre ce groupe, sur une longueur de 3 kilom. au moins, par les affleurements de houille et de schiste qui le jalonnent. Il part du point J du plan, pour contourner au nord le signal C, passe à la mine Marguerite qui en fait partie, et remonte par une série d'affleurements sur la colline qui fait face à cette mine. Au delà on ne le connait plus; mais il est probable qu'il se continue sous la grande plaine schisteuse qui avoisine le point G.

Les épaisseurs exploitables varient de 2 mètres au point J (voir *fig.* 5, Pl. IX) à 2$^{m}$,50 et plus à la mine Marguerite (voir *fig.* 6). La coupe *fig.* 4 se rapporte également à ce groupe. Partout où les affleurements sont bien décapés, les couches paraissent être très régulières, les plissements étant en général plus doux que dans le 3$^{e}$ groupe.

Ce groupe est séparé du précédent par une épaisseur de grès schisteux d'environ 150 à 200 mètres.

3° *Groupe Hamelin.* — Ce groupe est le plus important de tous. Il comprend la mine Henriette et la mine Jauréguiberry.

Entre ces deux mines, il s'étend sur une longueur de 2 kilomètres au minimum; il est, en outre, jalonné par 4 autres affleurements. Enclavé entre un toit et un mur gréseux, il comprend un groupe de couches importantes (voir les coupes *fig.* 1, 3 et 8, Pl. IX), dont les épaisseurs totales exploitables varient entre 6 et 12 mètres.

*Résumé.* — Dans ces trois groupes de couches la hauteur de la partie émergée au-dessus du niveau de la mer croît dans l'ordre 1, 2, 3, le groupe Hamelin (N° 3) étant le plus rapproché des grandes collines du centre. Par la même raison, les chances d'infiltration et d'envahissement, par les eaux de pluie, des mines creusées dans ce groupe, sont beaucoup moindres, son éloignement de la rivière dans la partie accessible aux eaux de la mer et les pentes très rapides de toutes les collines traversées par ses affleurements venant se joindre à la hauteur plus grande de ces affleurements au-dessus de la mer.

C'est donc, tant au point de vue du cubage qu'à celui du peu de danger des inondations, le groupe qui nous paraît le plus important. Il est cependant un peu inférieur au groupe 2 (Carabine), sous le rapport de la régularité. Il présente, en effet, de plus nombreux plissements, rejets, etc., accidents qui sont toujours de nature à rendre l'exploitation moins aisée. Ces accidents pourront donc influer sur le cubage réel utilisable un peu plus que ne le feront ceux du groupe Carabine. Malgré ce léger inconvénient, nous pensons que, dans l'état actuel de nos connaissances, le groupe Hamelin conservera toujours, autour du centre d'exploitation de Claireville, une importance prédominante.

**Bassin secondaire de Ha-Tou.** — Le bassin hydrologique de la baie de Hâ-Long est moins bien partagé que celui de la baie de Hon-Gâc, comme grande voie de transport. La surface est couverte de petites collines variant de 40 à 150 mètres d'altitude, dont les ravins envoient leurs eaux dans de nombreux petits ruisseaux indépendants. La remarque la plus importante à faire, au point de vue des facilités du transport et de l'embarquement, est la faible altitude de l'un des points de la ligne de partage des deux bassins secondaires. Ce point est à 200 mètres à l'ouest du signal G du plan. Il est occupé

par un bas-fond dont les rizières abandonnées envoient leurs eaux dans les deux directions opposées. Il fournira donc entre les deux bassins une communication facile et la voie ferrée n'aura par ce chemin que 5 kilomètres à franchir pour raccorder la mine importante de Ha-Tou avec la voie principale déjà décrite. Ce raccordement présentera en outre l'avantage d'amener les charbons à un port excellent et accessible en toute saison, tandis que l'utilisation d'un des petits ravins des environs de Ha-Tou ne mènerait qu'à des mouillages peu profonds et déjà très éloignés de la côte. Dans ces conditions, le charbon de Ha-Tou aura environ 14 kilomètres à parcourir pour arriver à Hon-Gâc, la cote maximum qu'il devra franchir dans ce parcours ne s'élevant pas sensiblement au-dessus de 20 mètres.

Le bassin secondaire de Ha-Tou contient un seul groupe connu de couches de charbon (voir la coupe *fig.* 2, Pl. IX). Par son allure extérieure, comme par sa flore, ce groupe paraît se relier au groupe Hamelin ; mais l'analyse a révélé une telle différence de composition entre le charbon qu'il renferme et ceux des environs de Claireville, que l'on peut se demander si les couches de Ha-Tou ne doivent pas être être placées à un niveau géologigue supérieur à celui des autres groupes. Comme il est impossible de prévoir si, en se plaçant dans cette hypothèse d'ailleurs favorable au point de vue de cubage, la profondeur à laquelle on pourrait retrouver ces derniers ne dépasserait pas 100 mètres (limite à laquelle il nous paraît suffisant de borner nos évaluations), nous ne tiendrons pas compte des ressources que l'existence de ces groupes en profondeur ajouterait à nos cubages et nous limiterons ceux-ci aux couches actuellement constatées.

*b. — Bassin de Ké-Bao.*

Ce bassin occupe une superficie de près de 49 milles carrés, soit environ 180 kilomètres carrés. Il est entouré par la mer, et, sur deux côtés, par les rochers de calcaire carbonifère dont nous avons déjà parlé. Au N. N. E., au contraire, ce calcaire, par suite du plongement des couches, est situé bien au-dessous du niveau de la mer et le bassin houiller lui-même s'enfonce sous les argiles et grès versicolores qui forment le sommet de l'étage.

Les couches de charbon ont été reconnues sur la rive S. E, auprès de laquelle on trouve d'excellents mouillages. Sur les deux autres côtés du triangle formé par le bassin de Ké-Bao, la mer est peu profonde et les chenaux ne sont accessibles qu'aux petites embarcations.

La partie explorée de ce bassin houiller est très restreinte. Les affleurements connus sont tous situés sur les bords d'une rivière, à une distance d'environ 4 kilomètres du rivage, de telle sorte que les moyens de transport sont tout indiqués. Une voie horizontale très courte amènera le charbon sur les bords de la baie, où l'on trouve rapidement des fonds suffisants pour le mouillage des grands navires ; cette voie n'aura qu'à suivre la vallée, le long de la rivière, et son tracé ne présentera aucune difficulté. Les conditions topographiques sont tellement analogues à celles du bassin de Hon-Gâc qu'il est inutile de les répéter ici.

Un des caractères du gisement de Ké-Bao est le grand développement des grès ferrugineux et du fer géodique intercalés entre les couches de charbon. Bien que ces minerais soient pauvres, ils méritent de fixer l'attention par leur régularité et leur voisinage des couches de charbon, voisinage qui conduira peut-être à les exploiter en même temps que ces dernières.

Le groupe houiller qui affleure à Ké-Bao comprend cinq couches, et ses affleurements forment une bandé ayan une largeur d'environ 300 mètres, correspondant à une épaisseur normale de terrains d'environ 120 mètres. Ils peuvent être subdivisés en cinq groupes qui présentent la coupe suivante.

En partant du toit, formé de grès et de poudingues blancs ou jaunes, on trouve d'abord une couche de charbon de $0^m,90$, comprise entre deux minces lits de schiste. Le mur de cette couche est formé par un banc de grès argileux, puis vient une couche épaisse de grès ferrugineux et de sphérosidérite, enfin un conglomérat à gros éléments.

Ce conglomérat forme le toit de la 2$^e$ couche, ou mieux d'un groupe de plusieurs petits lits de charbon et de filets de schiste noir dont l'ensemble est peu important. Il est séparé de la couche suivante par 20 mètres de grès schisteux, et une large couche de grès et de poudingue.

La 3$^e$ couche de houille peut avoir une épaisseur de $1^m,50$ à 2 mètres de charbon. Elle est peu visible, et son mur est formé par une couche de sphérosidérite et de schiste ferrugineux de 10 mètres d'épaisseur.

Le 4$^e$ groupe est pauvre; il ne nous a paru contenir que $0^m,20$ de charbon massif, plus une assez grande quantité de schiste noir avec minces feuillets de charbon. Il est séparé du groupe suivant par des grès micacés et légèrement argileux.

Le 5$^e$ groupe contient plusieurs couches de houille dont une seule est suffisamment puissante pour attirer l'attention. Elle a été fouillée par les Chinois, mais elle est presque entièrement cachée par les déblais. D'après l'importance de ces derniers et ce que nous avons pu voir de la couche, son épaisseur réelle doit être comprise entre $1^m,50$ et 2 mètres. Elle contient du beau charbon pur et brillant.

La forêt impénétrable qui recouvre ces gisements ne nous a pas permis de les visiter en détail, nous devons donc

nous en tenir à ces notes, prises sur les affleurements dans le lit de la rivière, en les accompagnant des remarques suivantes :

L'allure des couches de houille du bassin de Ké-Bao est plus régulière peut-être qu'à Claireville dans le bassin de Hon-Gâc; mais leurs épaisseurs sont moindres. Leur inclinaison est d'environ 30° vers l'Ouest et leurs directions forment, en plan horizontal, un vaste arc de cercle dont l'extrémité visible est dirigée à peu près du nord au sud.

Les analyses des charbons de Ké-Bao indiquent, ainsi qu'on le verra plus loin, que ces combustibles, fort gazeux, contiennent une quantité notable d'eau et de cendres. Cette constatation montre que ces charbons ont subi, dans cette région, une altération chimique considérable, fait qui coïncide souvent avec un notable amincissement des affleurements. Il ne serait donc pas impossible que les couches minces que nous avons constatées s'épaississent en profondeur. Nous ne pouvons, toutefois, rien affirmer à cet égard, et jusqu'à ce que des travaux de recherche aient éclairci les points restés douteux après notre visite, nous croyons ne devoir compter que pour mémoire les ressources houillères du bassin de Ké-Bao.

### e. — *Bassin houiller de Nong-Sön (Annam).*

Le bassin houiller de Nong-Sön (Annam) est bien moins connu que ceux que nous venons de décrire, son exploration ayant eu pour objectif principal la reconnaissance d'une mine de houille anthraciteuse exploitée par un chinois, près du village de Nong-Sön, sur la rivière de Cho-Cui dont un des bras se jette dans la baie de Tourane.

L'accès de la mine est facile à l'époque des hautes eaux; pendant la saison sèche, le Cho-Cui est barré par de nombreux rapides, permettant seulement le passage aux barques ayant un faible tirant d'eau et pouvant porter au maxi-

mum une tonne. Le village de Nong-Sön se trouve à environ 40 kilomètres de Quang-Name (voir la carte Pl. VII, *fig.* 2). Nous avons levé le cours de la rivière jusqu'aux *Montagnes de Zinc* et nous avons noté, au cours de ce voyage, les principales lignes de la géologie de cette contrée.

Le grand étage des grès micacés et poudingues dans lequel nous avons constaté la présence du charbon, s'appuie, dans son ensemble, à l'est sur l'arête granitique qui forme la côte entre Tourane et Choumay et dont elle n'est séparée que par des lambeaux discontinus de schistes anciens et de calcaire-marbre ; il vient buter à l'ouest contre la grande arête de schistes anciens, parallèle à la côte, qui constitue les *Montagnes de Zinc* et qui se rattache à la chaîne de partage des eaux entre le Laos et l'Annam.

On suit cette formation gréseuse dont l'épaisseur est considérable, depuis le village Toum, limite de la plaine d'alluvions, jusqu'aux *Montagnes de Zinc.*

On y distingue, comme au Tong-King, deux divisions très nettes. Les couches supérieures sont formées de grès et poudingues à ciment ferrugineux, alternant avec des couches d'argilolithes très fortement colorées en rouge plus ou moins violacé et se terminant par un banc de poudingue à très gros éléments, épais d'une trentaine de mètres.

Le sous-étage inférieur est essentiellement formé de grès micacés clairs ou gris, qui affleurent seulement au milieu du bassin, près de Nong-Sön et au pied du mont Cat-Tang sur le versant sud-ouest. C'est dans ces grès que se trouvent les couches de charbon et les schistes charbonneux dont nous avons fait plus particulièrement l'étude. La coupe du terrain exploré est résumée dans le tableau suivant :

| | ÉPAISSEURS. mètres |
|---|---|
| Grès et argilolithes rouges. . . . plus de. . . . . | 500,00 |
| Poudingue à gros éléments. . . . . . . . . . . . . | 30,00 |

| | | ÉPAISSEURS. mètres |
|---|---|---|
| Grès et poudingues clairs . . . . | environ. . . . | 2 à 300,00 |
| Grès charbonneux . . . . . . . . . . . . . . . . | | 0,50 |
| Grès fin noirâtre . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 4,00 |
| Grès schisteux et charbonneux . . . . . . . . . . | | 20,00 |
| Grès fins gris . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 50,00 |
| Poudingue et grès . . . . . . . . / Grès tendres argileux un peu ferrugineux avec quelques minces lits de poudingue. . . | environ. . . . . | 180,00 |
| Grès blancs, gris à la base. . . . | environ. . . . . | 60,00 |
| Couche d'anthracite . . . . . . . . . . . . . . . . | | 3,00 |
| Grès micacés gris . . . . . . . . . . . . . . . . | | (inconnue) |

La couche d'anthracite exploitée à son affleurement par le concessionnaire chinois de Nong-Sön est sensiblement horizontale. (Pl. XI, *fig.* 9.) Elle est située à la base des terrains gréseux que nous avons pu visiter, et n'affleure que grâce à un bombement général de ces terrains, dont le centre est voisin de Nong-Sön et qui semble embrasser toute la région allant de Trong-Pheuoc jusqu'au versant méridional du Cat-Tang. L'exploitation de cette couche demanderait des travaux souterrains étendus, sous le niveau des rivières voisines, car il est probable qu'elle s'étend à de grandes distances sous les collines du Cat-Tang, du Daï, etc. (voy. *fig.* 1, Pl. VII), et que, dans toute cette vaste région, son allure conservera le caractère de régularité des assises qui la surmontent, et qui ne s'éloignent guère de l'horizontalité dans toute la zone affectée par le bombement.

En l'absence de sondages, et faute de renseignements plus précis que ceux qu'ont pu nous donner des courses forcément limitées dans les ruisseaux et dans les forêts inextricables des environs de la mine, nous avons dû restreindre le cubage à une partie très limitée du gîte. Nous le donnons plus bas, en ajoutant ici que, dans l'état actuel des choses, le gîte de Nong-Sön est placé dans de mauvaises conditions pour être utilisé industriellement, par

suite de son éloignement de la mer et de la qualité inférieure de son charbon, et cela malgré les grandes facilités d'exploitation que présente la couche actuellement attaquée aux affleurements par le concessionnaire chinois.

### C. — Cubages.

#### a. — *Bassin de Hon-Gâc.*

**Groupe** I. **Carabine.** — Ce faisceau de couches présente des affleurements très envasés et qui ne sont pas assez déterminés, comme épaisseur de charbon utilisable, pour qu'il soit possible d'en faire un cubage rationnel. Il comprend peut-être la couche de l'île Hon-Gâc, qui pourrait toutefois appartenir au deuxième groupe à cause de la ressemblance d'allure des roches encaissantes. Les affleurements des couches de charbon n'ayant été l'objet d'aucune fouille de quelque importance, ces couches ne sont guère connues que comme position. Nous ne citerons donc les ressources combustibles de ce groupe que pour mémoire, bien que l'on y rencontre en plusieurs points des épaisseurs de charbon supérieures à 1 mètre et que, notamment, les deux affleurements de la rive gauche de la rivière contiennent un charbon de bonne qualité.

**Groupe** II. **Massue.** — Ce groupe est connu sur une longueur de plus de 3 kilomètres. Il paraît bien jalonné par des affleurements contenant des quantités notables de charbon (Sud du point J, mine Marguerite, etc.). Dans son développement connu il ne traverse que des collines basses et ne doit guère s'élever à une altitude supérieure à 80 ou 100 mètres au plus. La puissance de charbon exploitable varie entre $1^m,50$ et 3 mètres ; en combinant ce chiffre avec celui des surfaces émergées au-dessus du niveau de la mer, on obtient le cubage des ressources combustibles de ce groupe. Ces surfaces sont :

| | mèt. carrés | charbon | tonnes |
|---|---|---|---|
| 1) au Sud, point J, environ .... | 2.250 | correspondant | 4.500 |
| 2) au passage de la colline C. ... | 12.000 | — | 18.000 |
| 3) à la mine Marguerite....... | 22.000 | — | 50.000 |
| | | | 72.500 |

soit un minimum de 72.000 tonnes connues, exploitables au-dessus du niveau de la mer, en dehors du déchet provenant de la mauvaise utilisation des parties minces.

Au-dessous du niveau de la mer, chaque étage de 10 mètres donnerait, sur les 3 kilomètres carrés où règne cette couche, comptée à $1^m,50$ en moyenne seulement et inclinée au maximum à 45 degrés, environ 65.000 mètres cubes de houille, que nous comptons pour 65.000 tonnes.

**Groupe** III. **Hamelin.** —Ce groupe, le plus important et le mieux connu des gîtes du bassin de Hon-Gâc, comprend les affleurements importants de la mine Henriette et de la mine Jauréguiberry.

On peut diviser ce groupe en trois subdivisions.

1° *Mine Henriette.* — La série des couches qui affleurent en ce point présente une épaisseur totale de $5^m,90$ de charbon pur, plus une couche de 4 mètres de charbon et schiste brouillés qui se subdivisera certainement en profondeur et portera la puissance de cette couche à plus de 7 mètres. Gardant 6 mètres seulement dans nos évaluations, nous arrivons aux chiffres suivants.

Au-dessus du niveau de la mer :

La couche est très redressée et plissée de manière à présenter deux pendages inverses; considérons-la comme verticale : on peut la suivre sur une longueur de 1300 mètres; les deux points culminants sont à environ 100 mètres; cela fait, au total, une superficie de 65.000 mètres carrés qui, avec 6 mètres d'épaisseur, donne 390.000 mètres cubes. Pour tenir compte des accidents, failles, etc., réduisons de

25 p. 100 cette quantité, il reste environ 300.000 tonnes à extraire au-dessus du niveau de la mer.

Chaque étage de 10 mètres au-dessous de la cote 0 donnerait dans cette section un tonnage de 80.000 tonnes environ.

2° *Mine Jauréguiberry.* — Des épaisseurs plus fortes encore se rencontrent dans ce gîte important. On peut y exploiter en tout 11$^{m}$,40 de charbon, mais nous réduirons cette épaisseur à 8 mètres en moyenne. Cette seconde subdivision du 3$^{e}$ groupe se développe sur 1.900 mètres au minimum.

On pourrait y exploiter avec galerie d'épuisement, sans pompe, le tonnage suivant :

1° 910 mètres de long, à l'ouest du point F, avec un point culminant de 100 mètres, soit 43.000 mètres carrés, ou environ 350.000 tonnes de charbon.

2° 1000 mètres de long au moins sur 30 ou 40 mètres de hauteur à la mine Jauréguiberry, soit au minimum 20.000 mètres carrés de surface ou plus de 100.000 tonnes.

Au-dessous du niveau de la mer, chaque étage de 10 mètres de profondeur donnerait largement 150.000 tonnes.

3° *Mine de Ha-Tou.* — Cette mine contient plus de 7$^{m}$,50 d'épaisseur utilisable de charbon.

On peut présumer, d'après la régularité de leur allure, que les couches ne changeront pas notablement d'épaisseur sur 500 mètres de part et d'autre de l'affleurement. La hauteur exploitable au-dessus du niveau de la mer est faible. Mais l'éloignement de celle-ci, joint à la faible inclinaison des couches, fait espérer que les exploitations en profondeur ne seront pas compromises par des épuisements considérables.

On peut porter à 40.000 tonnes environ la quantité de

charbon exploitable dans cette subdivision sans pompe d'épuisement, et à 140.000 tonnes le produit de chaque étage de 10 mètres de profondeur.

**Résumé.** — Les groupes sus-nommés fourniraient donc, au-dessus du niveau de la mer :

| GROUPE. | | | PAR MÈTRE DE PROFONDEUR. |
|---|---|---|---|
| | | tonnes | tonnes |
| Carabine | | (mémoire) | (mémoire) |
| Massue | | 72.500 | 6.500 |
| Hamelin. | Mine Henriette | 300,000 | 8.000 |
| | Mine Jauréguiberry | 350.000<br>160.000 | 15.000 |
| | Mine Ha-Tou | 40.000 | 14.000 |
| | | 922.500 | 43.500 |

### b. — *Bassin de Nong-Sön.*

Le cubage des ressources combustibles du bassin de Nong-Sön présente des difficultés beaucoup plus grandes que celui des gîtes du Tong-King, car nous n'avons pu étudier nettement l'affleurement des couches de ce bassin qu'en un seul point, à la mine du Chinois. En ce point l'épaisseur utile du charbon est d'au moins 2m,50. D'autre part, les fragments de houille trouvés dans le petit ruisseau voisin de la mine permettent de compter sur un développement horizontal des affleurements d'au moins 1 kilomètre. Dans le sens perpendiculaire à ces affleurements, nous n'avons aucune indication directe; mais, toute réserve faite des fractures pouvant entraîner des rejets, nous estimons que l'on peut largement compter sur une extension égale ; par conséquent, le cubage probable du charbon disponible à Nong-Sön, tant au-dessus qu'au-dessous du niveau du fleuve de Tourane, est au minimum de 2.500.000 tonnes.

## § II. — Analyses, essais et valeur industrielle des combustibles.

### A. — Examen physique.

L'examen physique des combustibles donne les résultats suivants :

#### a. — *Bassin de Nong-Sön.*

Le charbon de Nong-Sön est brillant, avec un éclat un peu jaunâtre et une cassure conchoïdale. Son aspect est celui de l'anthracite de Pensylvanie ; sur la tranche, il est strié par de petits nerfs schisteux intercalés très-minces.

#### b. — *Bassins du Tong-King.*

Le charbon des mines *Henriette* et *Jauréguiberry* est franchement noir ; il tache légèrement les doigts et présente des clivages très-réguliers et très-brillants. Il ne renferme que des quantités insignifiantes de pyrite visible.

Le charbon de la mine *Marguerite* présente les mêmes qualités, mais il est un peu plus friable.

Les échantillons du charbon de la mine *Henriette* qui ont servi à l'étude de sa valeur industrielle ont été pris au fond de la galerie d'allongement pratiquée sur ce gîte, à une dizaine de mètres des affleurements. Leurs propriétés ne doivent pas s'écarter beaucoup de celles du charbon normal que l'on rencontrera dans la profondeur.

Le charbon des gîtes de *Ké-Bao* et de *Ha-Tou* a un aspect différent ; il tache fortement les doigts et sa cassure, sensiblement plus terne, présente des clivages plus indistincts et moins brillants que les précédents.

L'étude du charbon de Ha-Tou a été faite sur un échantillon aussi sain qu'il a été possible d'en trouver à 50 cen-

timètres au-dessous de l'affleurement de la première couche de $2^m$,50 d'épaisseur. Le charbon de la même couche soumis à l'essai industriel provenait de la fouille faite pour dégager l'échantillon analysé, et par conséquent était beaucoup plus altéré que lui par les agents atmosphériques.

B. — ANALYSES CHIMIQUES.

L'examen chimique de ces charbons a été confié au Bureau d'essais de l'Ecole des mines, qui nous a fourni, sur les différents échantillons, des analyses complètes que nous réunissons dans le tableau suivant (pages 250 et 251).

Nous y avons ajouté, à titre de comparaison, les analyses des charbons anglais, et des charbons de l'extrême Orient consommés entre Singapore et le Japon, et avec lesquels les charbons du Tong-King se trouveront naturellement en concurrence.

| NATURE ET ORIGINE des charbons. | | MATIÈRES volatiles. — Eau et hydro-carbures. | Eau. | Hydro-carbures. | CARBONE. fixe. | CENDRES. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Annam* | Nong-Sön | 6,0 | | | 74,6 | 19.4 |
| *Tong-King.* Bassin de Hon-Gâc. | Mine Jauréguiberry | 12,6 | | | 67,4 | 20,0 |
| — | — Henriette | 13,8 | | | 79,0 | 7,2 |
| — | — Marguerite | 17,6 | | | 81,4 | 1,0 |
| — | — Hal-Lam | | | | » | » |
| — | — Ha-Tou | | 10,4 | 37,0 | 51,2 | 1,4 |
| — | Ké-Bao, 1re couche | | 8,0 | 25,4 | 61,8 | 4,8 |
| — | — 2e — | | 10,6 | 26,0 | 59,2 | 4,2 |
| *Amérique* | Pensylvanie | 8,0 | | | 86,0 | 6,0 |
| *Angleterre* | Glamorganshire | 7,10 | | | 89,15 | 3,75 |
| — | Durnavon | 11,17 | | | 85,0 | 3,83 |
| — | Cardiff | 12,6 | | | 85,4 | 2,0 |
| — | Swansea | 11,9 | | | 80,6 | 7,5 |
| *France* | Anzin | 11,80 | | | 86,0 | 2,20 |
| — | Grand'Combe (Thiron) | 14,6 | | | 78.0 | 7,4 |
| *Australie* | New-South-Wales nord | 37,0 à 43,0 | | | 48,0 à 60,0 | 3,0 à 8,0 |
| — | — — sud | 19,0 à 22,75 | | | 65,0 à 70,0 | 9,7 à 10,8 |
| *Chine* | Tyen-Sin (près Pékin) | 10,0 | | | 70,55 | 19,45 |
| — | Environs de Pékin | 16,13 | | | 77,65 | 5,82 |
| *Japon* | Takasima (Niphon) | 41,88 | | | 53,50 | 4,51 |
| — | Hyzen | 36,0 à 40,0 | | | 47,0 à 53,0 | 4,0 à 6,20 |
| — | Ivasky | 50,0 | | | 37,50 | 10,70 |
| — | Chicugo (près Yokohama) | 40,29 | | | 47,40 | 7,80 |
| *Malaisie* | Iaravach (Bornéo) | 48,69 | | | 47,0 | 3,60 |
| — | Kanti (Sumatra) | 44,93 | | | 53,75 | 0,83 |
| — | Songidœrian (Sumatra) | 43,54 | | | 53,95 | 1,43 |

| MATIÈRES volatiles dans le charbon privé de cendres. | CARBONE fixe. dans le charbon privé de cendres. | NATURE des cendres. | POUVOIR calorifique. — Carbone pour 100. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 7,4 | 92,6 | argileuses. | 78,8 | Petite exploitation dans les affleurements. — Prise d'essai. — Ce charbon est un véritable anthracite. |
| 15,75 | 84,25 | argileuses | 78,1 | Ce charbon est un échantillon isolé. — Charbon maigre à courte flamme. |
| 14,9 | 85,1 | argileuses un peu ferrugineuses | 88,2 | Au fond d'une galerie de 8 mètres. — Prise d'essai. — Houille demi-grasse à courte flamme. |
| 17,8 | 82,2 | siliceuses | 91,5 | Petite fouille ancienne. — Échantillon isolé. — Maigre à courte flamme. |
| » | » | » | » | Affleurements. — Échantillon isolé. — Houille anthraciteuse. |
| 48,1 | 51,9 | siliceuses | 76,5 | Charbon éventé pris à la surface de l'affleurement.—Houille sèche à longue flamme. |
| 35,1 | 64,9 | argileuses | 79,5 | Échantillons pris aux affleurements.—Houille sèche à longue flamme. |
| 38,2 | 61,8 | argileuses | 78,8 | |
| | | | | Aucun des charbons précédents ne donne de coke. |
| 8,5 | 91,5 | » | 90,0 | Anthracite. |
| 7,38 | 92,71 | » | » | Anthracite. |
| 11,70 | 78,30 | » | » | Charbon maigre. |
| 12,86 | 87,14 | » | » | |
| 12,85 | 87,04 | » | » | Charbon gras. |
| 12,08 | 87,72 | » | » | Charbon demi-gras. |
| 15,8 | 84,2 | » | 82,3 | Houille dure, ne donne pas de coke, flamme courte et chaude. — Excellent pour les chaudières. |
| 42,6 | 57,40 | » | » | Charbon gras donnant un bon coke. |
| 22,55 | 77,45 | » | » | |
| 12,50 | 87,50 | » | » | |
| 17,25 | 82,75 | » | » | Comparable au bon charbon du Cornouailles. — Coke métallique. |
| 43,2 | 56,8 | » | » | Houille ligniteuse sèche. — Coke imparfait. |
| 45,90 | 54,10 | » | » | Coke imparfait, 1 à 4 p. 100 de soufre. |
| 57,50 | 42,50 | » | » | Coke imparfait, 1 à 8,1 p. 100 de soufre. |
| 45,80 | 54,20 | » | » | Coke imparfait, 4,5 p. 100 de soufre. |
| 51,0 | 49,0 | » | » | Coke assez bon. |
| 45,4 | 54,6 | » | » | |
| 44,5 | 55,5 | » | » | Coke compact. |

L'examen de ce tableau conduit aux conclusions suivantes.

### a. — *Bassin de Nong-Sön.*

Le charbon de Nong-Sön est notablement le plus maigre de tous les combustibles de l'Indo-Chine et se rapproche très sensiblement des *anthracites*. Son impureté (10 p. 100 de cendres), plus grande que celle des charbons du Tong-King, tient à la présence de nombreux nerfs de schiste si finement intercalés dans la masse, qu'il sera toujours difficile, sinon impossible, de les en séparer par un triage. Cette circonstance, jointe à un mode de chauffage peu approprié à la combustion normale des anthracites (couche épaisse sur la grille, décrassage fréquent), explique la médiocrité des résultats que nous avons obtenus dans les foyers de l'*Antilope* (décembre 1881).

Nous n'hésitons pas cependant à croire que le charbon de Nong-Sön, très voisin des anthracites de Pensylvanie, pourrait, comme ces dernières, être très avantageusement employé pour le chauffage des chaudières marines. On sait, en effet, que la marine militaire des Etats-Unis emploie l'anthracite, qu'elle considère comme le véritable combustible de guerre, à cause de l'absence totale de fumée, et qu'elle en entretient même des dépôts dans les ports européens. Toutefois, l'emploi rationnel de ce combustible exigeant des grilles à faible écartement et un tirage très fort, sinon artificiel, nous croyons que l'*anthracite* de Nong-Sön n'aura pas la même importance, au point de vue de la navigation, que les *houilles* du Tong-King dont il nous reste à parler maintenant.

### b. — *Bassins du Tong-King.*

Les charbons du Tong-King appartiennent à quatre types bien distincts : on y rencontre.

1° *Une houille maigre ou faiblement demi-grasse à courte flamme*, provenant des couches du 3ᵉ groupe (mines Jauréguiberry et Henriette).

Le charbon de la mine Henriette est le seul qui ait été pris à une profondeur assez grande pour que l'on puisse généraliser les résultats qu'il a donnés et les étendre à l'ensemble des charbons de ce groupe. On remarquera, dans le tableau des analyses, combien ce charbon se rapproche de celui de la Grand'Combe (mine Thiron), réputé pour le chauffage des chaudières. On verra plus loin que l'analogie avec les houilles maigres ou demi-grasses types des bassins français se retrouve également dans l'essai industriel. Bien que ce charbon ne colle pas, on peut, d'après des expériences faites au Tong-King, l'employer à la forge pour souder le fer.

2° *Une houille un peu moins maigre*, correspondant aux couches du 2° groupe (mine Marguerite).

Les qualités industrielles de cette houille sont équivalentes à celles du charbon de la mine Henriette. Avec la proportion un peu plus élevée de gaz qu'elle renferme, et son pouvoir calorifique considérable, elle se place au rang des meilleurs combustibles du Tong-King. Elle sera plus facile à allumer que les houilles du premier groupe et pourra fournir un très bon charbon de forge.

Bien que la distillation au creuset n'ait pas donné de produit agglutiné, nous croyons qu'il serait prématuré d'affirmer que ce charbon, pris en profondeur, ne produira pas de coke. L'échantillon analysé a, en effet, été pris trop près des affleurements pour que les agents atmosphériques n'en aient pas altéré le principe collant, ainsi que cela s'observe pour beaucoup de charbons de cette composition dans les bassins européens (Grand'Combe, Belmez, etc).

3° *Une houille sèche, à longue flamme*, correspondant aux couches de Ké-Bao.

Les échantillons qui ont servi à l'analyse et qui ont été prélevés sur des affleurements submergés à chaque marée sont forcément altérés et, par suite, inférieurs à ceux que

produiront les parties profondes du gîte et qui se rapprocheront sans doute du type suivant.

4° Enfin *une véritable houille stipite*, fournie par le gîte de Ha-Tou que sa forte teneur en gaz place naturellement à l'extrémité de l'échelle, et qui fournira un combustible très facile à allumer, pouvant brûler avec un faible tirage. Pour une houille aussi gazeuse, l'analyse et l'essai industriel des échantillons pris aux affleurements ne donnent que des renseignements imparfaits, le charbon pulvérulent extrait dans ces conditions ne pouvant ni se coller, ni brûler régulièrement sur une grille.

Dès aujourd'hui le mélange des produits des deux groupes supérieurs avec ceux des deux derniers peut être considéré comme parfaitement approprié aux conditions ordinaires de la combustion, c'est-à-dire aux grilles et au tirage généralement usités.

En résumé, les analyses montrent que les charbons des gîtes du Tong-King constituent des combustibles de bonne qualité, susceptibles de se prêter aux usages industriels les plus divers.

### C. — Essai industriel des charbons.

Bien que les analyses chimiques fournissent des renseignements précieux sur la nature des combustibles, un essai industriel nous a paru nécessaire pour bien déterminer les conditions dans lesquelles ces charbons brûlent dans les foyers des chaudières à vapeur et, en général, sur les grilles des fourneaux.

Nous avons trouvé, à cet effet, auprès de MM. Weyher et Richemond, constructeurs à Pantin, le plus obligeant accueil. Ces messieurs ont bien voulu mettre à notre disposition, pour l'essai des charbons rapportés de notre mission, une locomobile de 10 chevaux et le meilleur chauffeur de leur usine.

Grâce à leur généreux concours, nous avons pu faire deux séries d'expériences et mener à bonne fin cette recherche si importante au point de vue de l'industrie et de la marine nationale dans l'extrême Orient. La première expérience a eu lieu le 16 juin ; elle a porté exclusivement sur le charbon de la mine Henriette. La deuxième, faite le 22, en présence de M. Dupont, ingénieur du génie maritime, délégué par M. le Ministre de la marine et des colonies, a porté successivement sur les charbons de la mine Henriette et sur ceux de Ha-Tou.

La machine mise à notre disposition était une machine de 10 chevaux, demi-fixe, à un seul cylindre et sans condenseur, ayant une chaudière timbrée à 7 kilogr. et chauffée par un foyer intérieur avec retour de flamme tubulaire.

Dans cette machine, la distribution se fait par un tiroir simple, et la vitesse de régime, fixée à 110 tours par minute, est conservée par un régulateur dont la grande sensibilité a permis de maintenir pendant toute la durée de l'expérience une vitesse rigoureusement constante. La détente fixe est d'environ 2/3. La machine n'a pas de condenseur.

La machine ayant été mise en pression, on nettoya soigneusement le foyer et le cendrier, et l'écartement des barreaux de la grille fut mesuré et trouvé égal à 1 centimètre en moyenne.

La poulie motrice de la machine avait le diamètre de $1^m,40$ ; elle était munie d'un frein de Prony dont voici les éléments principaux :

| | | |
|---|---|---|
| Longueur effective du bras de levier. . . . | R = | $2^m,50$ |
| Tare . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | $8^k,800$ |
| Nombre de tours par minute. . . . . . . . | N = | $110^t,00$ |

Ces éléments, appliqués à la formule du frein de Prony,

$$T_m = \frac{2\pi N \times P}{60 \times 75},$$

donnent, pour la valeur du poids effectif P déterminant une consommation de force d'un cheval, le chiffre de $2^{k},600$.

D'après la mesure directe du nombre de tours, la vitesse de régime s'est maintenue à 110 tours tant que la pression a dépassé 5 kil. 1/2. Elle n'est descendue à 109 tours que pendant les 5 dernières minutes de l'expérience, lorsque la pression est tombée à 5 kilogrammes.

Les chiffres intéressants du procès-verbal d'expériences sont résumés dans les tableaux suivants :

### Charbon de Ha-Tou.

#### Expériences du 22 juin 1882.

| HEURES. | PRESSION. | NOMBRE de tours. | POIDS effectif à l'extrémité du levier. | CHARBON employé. | OBSERVATIONS. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| h. m. | kilog. | tours | kilog. | kilog. | | |
| 4 12 | 4,50 | 110 | » | » | | |
| 4 21 | 6,50 | » | 26,0 | » | Allumage. Mise en route. | Charbon d'affleurement éventé : 14 kilog. de moyen et 26 kilog. de menu terreux. — Cendres 1.4 p. 100. |
| 4 30 | 7,0 | » | » | » | | |
| 4 45 | 6,50 | » | » | » | | Hauteur d'eau consommée $0^{m},39$ correspondant à 187 litres. Le niveau de la chaudière était remonté à 8 millim. au-dessus du repère primitif ; il y avait donc environ 15 litres de plus qu'au commencement de l'expérience, soit une consommation totale de 172 litres. |
| 4 50 | 6,50 | » | » | » | | |
| 5 2 | 7,0 | » | » | 40,0 | Dernière charge. | |
| 5 11 | 6,0 | » | » | » | | |
| 5 17 | 5,0 | 109 | » | » | Arrêt. | On a repassé les escarbilles. Résidu solide $4^{k},700$ dont environ $4^{k},100$ de charbon. |
| Consommation par cheval et par heure. . | | | | 4,0 | | |
| Eau vaporisée et entraînée par kilogramme de charbon. . . . . . . . . . . | | | | 4,30 | | |

## Charbon de la mine Henriette.

### Expériences des 16 et 22 juin 1882.

| HEURES. | PRESSION. | NOMBRE de tours. | POIDS effectif à l'extrémité du levier. | CHARBON employé | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|
| h. m. | kilog. | tours | kilog. | kilog. | |
| 2 37 | 6,0 | » | » | » | Allumage avec du bois de sapin. — Le charbon s'allume avec un peu de flamme, sans décrépiter; brûle très vite. — Mise en marche au frein. — Marche très régulière. — Le charbon s'allume vite avec une courte flamme qui disparaît rapidement pour donner une flamme transparente d'oxyde de carbone au-dessus d'un feu très clair. — Le charbon ne décrépite pas; il ne se colle pas; il donne surtout de petites escarbilles, pas de machefer. Il ne doit pas être touché avec le ringard et doit brûler en couche aussi mince que possible. |
| 2 42 | 7,0 | 110 | 26,0 donnant 10 chevaux | » | |
| 1 18 | 6,80 | 105 | » | 31,5 | |
| 2 33 | 6,80 | » | » | 5,6 | |
| » | 6,75 | » | » | » | |
| 2 48 | 6,80 | » | 26,0 | 62,0 | Dernière charge. |
| 3 09 | 6,0 | » | » | » | L'expérience est arrêtée aussitôt que la machine ne peut plus donner 10 chevaux. |
| 3 24 | 6,75 | » | » | » | Poids des escarbilles . . . . . . . 4$^{kg}$,900 |
| 3 32 | 6,0 | » | » | » | Charbon restant et mâchefer . . 2, ,900 |
| | | | | | 7$^{kg}$,800 |
| 3 40<br>3 41 | 5,25<br>5,0 | 109 | 26,0 | » | L'analyse d'un échantillon de la mine nous a donné 7,2 p. 100 de cendres. |
| Consommation par cheval et par heure. . | | | | 1,976 | |
| 2 38 | 6,0 | » | » | » | Allumage. Mise en train. } Le charbon employé contenait 30 p. 100 de menu passant à travers une grille de 0$^{m}$,01. |
| 2 42 | 7,0 | 110 | 26,0 | » | |
| 2 52 | 6,50 | » | » | » | Flamme courte et transparente. — Feu vif. — Cendres 7,2 p. 100. |
| 3 04 | 7,0 | 111 | » | » | Grille de 0$^{m}$,008 à 0$^{m}$,01 d'écartement. |
| 3 22 | 6,60 | » | » | » | Bâche d'alimentation 0$^{m}$,975 × 0$^{m}$,502 avec quatre angles arrondis de 0$^{m}$,100 de rayon. |
| 3 25 | 6,80 | 110 | » | » | Poids du frein : 2$^{kg}$,6 par cheval. |
| 3 38 | » | » | » | 31,50 | Dernière charge. — On a employé 31$^{kg}$,500. |
| 3 53 | 5,50 | » | » | Il restait dans les résidus retirés de la grille environ 2$^{k}$,30 de charbon | On a consommé pour l'alimentation une hauteur d'eau de 510 millim. dans la bâche, représentant environ 245 litres. — Le niveau dans la chaudière avait baissé de 18 millim., ce qui, d'après les dimensions du plan d'eau égales à 2$^{m}$,40×0$^{m}$,78, représente 33 litres. — La consommation d'eau s'est donc élevée à 278 litres. |
| 4 00 | 6,40 | 110 | » | | |
| 4 02 | 6,0 | 110 | » | | |
| 1 06 | 5,0 | 109 | » | » | On a repassé les escarbilles. — Résidu solide 4 kilog., dont 2$^{kg}$,29 de charbon ou de machefer. |
| Consommation par cheval et par heure. . | | | | 2,062 | |
| Eau vaporisée et entraînée par kilogramme de charbon. . . . . . . . . . . | | | | 9,520 | |

Pendant toute la durée des expériences, on a observé que les gaz sortant de la cheminée étaient très transparents, le charbon donnant une fumée à peine sensible.

La combustibilité du charbon de la mine Henriette peut être comparée à celle des bonnes houilles demi-grasses du bassin du nord. Le charbon s'allume rapidement, sans tirage forcé, et le feu tient sur la grille aussi longtemps qu'il reste sur celle-ci une petite couche continue de combustible. Le feu est d'ailleurs d'autant plus brillant et plus vif que la couche est plus mince.

Le tirage nécessaire à la combustion du charbon est relativement faible ; en effet, on a été obligé, pendant toute la durée de l'expérience, de tenir la porte du cendrier presque complètement fermée, afin d'éviter une combustion trop rapide qui amenait la pression au-dessus de 7 kil. et faisait perdre une partie de la vapeur par les soupapes de sûreté.

La production de mâchefer est insignifiante. Elle atteint au maximum 1,6 p. 100 du poids total du charbon. Le mâchefer produit est léger, blanc jaunâtre, et très scoriacé ; ses fragments ne se sont pas collés sur la grille, qui était aussi propre qu'avant l'expérience. On devait s'attendre à ce résultat, d'après la faible teneur en cendres du combustible et d'après la manière dont il brûle sans se coller et en donnant, comme résidu principal, de la cendre pulvérulente et de petites escarbilles de charbon.

Un autre avantage que présente l'usage du charbon de la mine Henriette est la facilité qu'il donne à la conduite du feu, à la condition qu'il soit brûlé en couche mince et que l'on évite l'usage du ringard. Il suffit, pour le démontrer, de voir, d'après le tableau, quel est l'intervalle maximum qui peut séparer deux charges consécutives. Si l'on prend le moment de la dernière charge et celui où la pression s'est abaissée à $6^k,75$ (le chauffeur ayant pour instruction de maintenir la pression entre $6^k,75$ et $7^k$), on voit

qu'il s'est écoulé entre ces deux instants ($2^h.48^m$ et $3^h.24^m$) une période de 36 minutes, pendant laquelle il a suffi, pour maintenir la pression, de modérer avec la porte du cendrier l'introduction de l'air sous la grille. On aurait d'ailleurs maintenu la pression à sa valeur normale après cette demi-heure si l'on avait fait une nouvelle charge de charbon. Pendant cette dernière période, la grille a consommé sensiblemont $10^k,800$ de charbon. On peut donc affirmer que le charbon de la mine Henriette permet de maintenir les feux avec des charges faites de demi-heure en demi-heure.

Dans les conditions précédentes, la quantité de charbon brûlée par mètre carré de grille et par heure s'est élevée à environ 36 kilog. En effet, la grille du foyer avait à peu près un demi-mètre carré de surface, et elle a consommé $10^k,8$ en 36 minutes, soit sensiblement 18 kilog. par heure.

La différence entre ces résultats et ceux beaucoup moins satisfaisants que nous avons obtenus avec les charbons de la même mine sur une canonnière au Tong-King, tient à ce que les conditions de l'expérience ont été très différentes. Le chauffage était très incommode dans le foyer de la canonnière, et il nous a été impossible de diriger, comme nous l'aurions voulu, la manière de charger le charbon. La couche, trop épaisse, brûlait mal, et les nettoyages au ringard, destinés à en diviser la masse, n'ont eu d'autre résultat que de faire passer à travers la grille une forte proportion d'escarbilles.

Les expériences précédentes nous permettent encore de faire, en terminant, la comparaison du charbon de Hon-Gâc avec un combustible connu, celui de la fosse de Denain à Anzin. La locomobile mise à notre disposition venait, en effet, d'être soumise à des essais très soignés faits par une commission d'ingénieurs délégués par le Ministre de la guerre. Avec les mêmes éléments de force consommée et

de grille, avec le même chauffeur, la machine avait consommé $1^{k},937$, par cheval et par heure, de ce charbon, qui donne de 12 à 15 p. 100 de résidu, brûle avec une flamme courte et brillante et produit un mâchefer abondant.

Le charbon de la mine Henriette a entraîné, dans la première expérience, une consommation de 62 kilog. pour 3 heures, dont il faut défalquer environ 3 kilog. pour tenir compte : du charbon rejeté à la fin de l'expérience, du charbon consommé pendant la période d'allumage qui a duré 5 minutes et demie et pendant laquelle on a dépensé environ $1^{k},5$, enfin de la grande proportion des escarbilles de charbon, que nous n'avons pas fait repasser sur la grille pour en avoir la mesure exacte. A ce taux de 59 kilog. pour 3 heures, correspond une consommation de $1^{k},966$ par cheval et par heure.

La seconde expérience, plus courte, a donné $2^{k},062$ par cheval et par heure.

Ces chiffres se rapprochent tellement de celui fourni par le charbon d'Anzin ($1^{k},937$), que l'on peut considérer les deux charbons comme absolument comparables l'un à l'autre.

L'expérience sur le charbon de Ha-Tou indique une consommation de $4^{k}$ par cheval et par heure. Dans les conditions où ce charbon avait été extrait, nous ne pouvons considérer cette expérience comme définitive. Elle nous a paru intéressante à signaler, car elle explique parfaitement les résultats médiocres obtenus dans plusieurs essais faits au Tong-King sur les bâtiments de l'État, avec des charbons pris aux affleurements.

D'après la comparaison des pouvoirs calorifiques, le charbon de Ha-Tou, extrait dans de meilleures conditions, aurait dû entraîner une consommation de $2^{k},30$ par cheval et par heure, consommation supérieure de 19 p. 100 seulement à celle du charbon d'Anzin.

En résumé, les charbons du Tong-King, tant par leur

composition chimique que par les résultats qu'ils donnent à l'essai industriel, nous paraissent aptes à entrer pour une part très importante dans l'approvisionnement des marchés maritimes de l'extrême Orient. Ils soutiennent notamment très bien la comparaison avec les charbons d'Australie qui sont souvent impurs, et ils sont supérieurs aux lignites pyriteux du Japon, dont on fait une si grande consommation à Hong-Kong et à Shang-Haï.

Enfin ils se rapprochent tellement des houilles françaises, qu'ils pourront prendre soit en roche, soit en briquettes, sur le marché de Saïgon, une importance comparable à celle qu'y ont actuellement les produits de la Grand' Combe.

## § 2. — Étude technique et mise en valeur des bassins houillers.

### A. — Exploitation.

L'exploitation des couches de charbon du bassin de Hon-Gâc peut être étudiée dès maintenant avec assez de détails pour que nous en esquissions l'allure générale, au moins pour les premières années.

Ainsi qu'on l'a vu précédemment dans l'étude géologique, une partie considérable des gîtes est située au-dessus du niveau de la mer ; les affleurements recoupent des vallées profondes dont le thalweg est peu élevé, conditions éminemment favorables à leur mise en exploitation immédiate sans puits ni travers-bancs. Si nous prenons en particulier le troisième groupe de couches (groupe Hamelin), nous voyons que, sur la partie connue de son affleurement, qui présente un développement de quatre kilomètres au moins, on trouve six points d'attaque possibles, situés presque au niveau de la mer. Deux de ces points sont au pied de la mine Henriette, deux autres dans la vallée au nord de

Claireville, enfin les deux derniers sont situés près de la mine Jauréguiberry.

En attaquant le gîte en chacun de ces six points par une galerie de roulage, on aurait terminé, à peu près en deux ans et demi à trois ans, le traçage de cette partie du gîte, qui contient environ 850.000 tonnes.

L'extraction de 100.000 tonnes par an, que nous prévoyons, serait donc largement assurée, par ce troisième groupe seul, pour huit années, avec un matériel très simple d'exploitation minière. Ce matériel comprendrait, à l'ouverture de l'exploitation, une cinquantaine de wagonnets en fer et bois, contenant chacun 500 kilogrammes de houille, un approvisionnement de 75 tonnes de rails de mine, de 7 kilogrammes au mètre courant, et enfin des outils, pelles, pioches, pics, poudre, etc., pour 200 ouvriers.

L'exploitation proprement dite des couches, inclinées en moyenne de 50° et généralement assez puissantes, se ferait au moyen d'un traçage découpant le gîte en étages de vingt mètres environ. La méthode que nous adopterions, au moins pour fixer le prix de revient, serait l'abatage par tranches inclinées avec remblais, chaque tranche étant prise séparément par dépilage chassant, en gradins renversés. On peut voir sur les coupes qu'en réalité la division du troisième groupe en tranches parallèles est tout indiquée par les puissants nerfs de schiste ou de grès qui le traversent. D'autre part, la dureté du charbon et la faible valeur du menu autorisent à employer une méthode par suite de laquelle on perd un peu de ce dernier dans les remblais; cette perte est bien compensée par la facilité d'appliquer la méthode avec des équipes nombreuses d'ouvriers, conditions que nous verrons plus tard être très favorables au travail des ouvriers indigènes.

Lorsque le travail de dépilage de la partie du gîte drainée par les grandes galeries de roulage et d'écoulement des eaux sera installé et en plein fonctionnement, la direction

technique devra apporter tous ses soins à la création d'un certain nombre de sièges d'extraction destinés à attaquer le gîte au-dessous du niveau des galeries d'écoulement.

Bien que la reconnaissance des gîtes par ces galeries de niveau puisse modifier beaucoup des projets que nous ne pouvons baser aujourd'hui que sur les renseignements pris aux affleurements, nous pouvons cependant indiquer au moins les traits généraux qui caractériseront les sièges d'extraction en profondeur.

La nature gréseuse des roches encaissantes et les forts plissements que l'on trouve dans des affleurements nous font croire qu'à une faible profondeur on aura à lutter contre de fortes infiltrations provenant soit de la mer, soit des eaux superficielles, très abondantes pendant la saison des pluies. Il sera donc prudent de commencer l'exploitation en profondeur au moyen de nombreux sièges d'extraction de faible importance. Chacun des puits serait desservi par une locomobile, actionnant un treuil d'extraction et faisant l'épuisement soit par bennes, soit au moyen d'une pompe pendant les intervalles de l'extraction.

Lorsque ce travail sera installé sur un étage de 30 mètres de profondeur au-dessous du niveau de la mer, il sera facile d'isoler les parties du gîte qui donnent des quantités d'eau trop considérables et c'est alors seulement que l'on montera trois ou quatre grands sièges d'extraction, atteignant la profondeur de 100 mètres au moins et qui prendront pour champ d'exploitation les portions régulières des gîtes.

Ces installations seront munies de bonnes machines d'extraction et d'épuisement dont les éléments : puissance, type, etc., seront fournis par l'étude approfondie des exploitations précédentes.

Les trois périodes de travail ainsi caractérisées : la première par l'exploitation au moyen de galeries d'écoulement, la seconde par les petits puits desservis par locomobiles, la troisième par les grands puits, résument à notre avis le

mode le plus rationnel de mise en exploitation des gîtes du Tong-King, mode qui devra être appliqué à chaque grande division des gîtes d'une façon indépendante des divisions voisines.

Nous n'entrerons pas dans de grands détails sur l'outillage et l'élaboration des combustibles, dont l'étude ne rentre pas dans le cadre de cet extrait. Nous dirons seulement, comme résumé, que le charbon tout venant serait amené, au sortir de la mine, dans une usine centrale, située à Claireville. Il y serait classé en trois ou quatre catégories au plus ; la dernière sorte, composée des morceaux de 3 centimètres et au-dessous resterait à l'usine pour un traitement ultérieur; les autres charbons seraient envoyés à l'île de Hon-Gâc, pour être chargés directement dans les bâtiments ou emmagasinés.

Les menus seraient transformés, sur place et sans lavage, en briquettes. L'usine, montée pour produire 30.000 tonnes de briquettes par an, contiendrait les machines suivantes :

1° Quatre broyeurs Vappard, consommant une force totale de 100 chevaux-vapeur.

2° Trois presses Mazeline, consommant une force totale de 50 chevaux-vapeur.

3° Une batterie de chaudières à vapeur pour 200 chevaux.

4° Divers outils pour le triage mécanique et le transport des charbons dans l'intérieur de l'usine, mus par une machine demi fixe de 50 chevaux.

On emploierait, comme agglomérant, du brai sec venu d'Europe, qui supporterait un fret de 50 à 70 francs par tonne.

Le transport des charbons à l'usine et de là au port d'embarquement se ferait sur un chemin de fer à voie de un mètre, dont le tracé comprendra une première section allant de l'île de Hon-Gâc à Claireville ; une seule voie tra-

versant sur pilotis le bas-fond de la rivière et le petit bras peu profond qui sépare l'île de la terre ferme, aboutirait près de l'usine de Claireville ; là convergeraient les deux voies venant l'une de Ha-Tou, l'autre de la mine Jauréguiberry.

Ces différents tracés ne présentent aucune difficulté, les points les plus élevés qu'ils doivent atteindre ne dépassan pas 30 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le matériel de cette ligne, dont le développement tota atteindra 20 kilomètres, serait composé de 50 vagons de 4 tonnes de contenance, et de 3 locomotives.

Le chargement des charbons à bord, en rade de Hon-Gâc, se ferait au moyen d'une estacade, contre laquelle accosteraient les bâtiments. Cette opération coûte actuellement environ 2 francs par tonne à Singapore ; elle serait au moins aussi économique à Hon-Gâc.

### B. — MAIN D'ŒUVRE.

#### a. — *Races, Climats.*

**Races.** — Deux populations différentes, ayant des aptitudes bien distinctes, malgré la parenté de leurs races, fourniront aux entreprises industrielles du Tong-King la main d'œuvre nécessaire : les Annamites et les Chinois.

Les Annamites sont, en général, plus indépendants, plus légers et plus négligents que les Chinois, dont ils ne partagent pas les penchants à l'épargne; en revanche ils sont plus aptes à apprendre un travail délicat et nouveau. Ils se mettent facilement et vite à la serrurerie, apprennent rapidement à manœuvrer les machines, ainsi qu'on a pu le constater à l'arsenal de Saïgon et dans l'exploitation du petit chemin de fer allant de Saïgon à Cholen. Leur force musculaire est médiocre, mais ils sont capables de donner pendant très longtemps un effort soutenu. La misère les

habitue dès le plus jeune âge aux longues et pénibles corvées; lorsqu'ils sont bien traités et qu'ils ont leur famille auprès d'eux, ils font un bon service et travaillent avec entrain.

Il nous semble qu'il serait facile de profiter de ces bonnes dispositions et de les faire tourner au développement et à la prospérité de l'industrie houillère du Tong-King. Il suffirait probablement, pour cela, d'offrir aux ouvriers des abris pour leurs familles et de leur garantir sérieusement la possession de leurs économies, possession pour laquelle ils trouvent de sérieux obstacles dans le régime politique auquel ils sont actuellement soumis. L'interprétation et l'application des lois, elles-mêmes très insuffisantes, sont, en effet, entièrement à la disposition du mandarin, qui les fait tourner à son profit et surtout au profit des privilèges de sa classe. Aussi use-t-il et abuse-t-il de son pouvoir pour mettre obstacle à tout ce qui pourrait affaiblir ou menacer son autorité, et est-il, en particulier, systématiquement hostile à toute tentative d'établissement d'une grande industrie. C'est ainsi, par exemple, qu'il profite de l'impossibilité où se trouvent actuellement les Européens, de se procurer des ouvriers indigènes sans passer par son intermédiaire, et ne leur donne, autant que possible, pour contrecarrer le travail, que des hommes inintelligents, infirmes ou incapables. On voit par là combien la nécessité d'un *protectorat français*, soustrayant l'ouvrier annamite à la tyrannie du mandarin, s'impose comme le prolégomène obligé du développement de l'industrie au Tong-King.

Les coolies chinois possèdent au suprême degré l'habitude du travail en commun. Engagés en groupes nombreux par des entrepreneurs avec lesquels les directeurs d'entreprises industrielles passent des marchés, ils sont en général solides, vigoureux, endurcis à la fatigue. Ils savent admirablement organiser le travail à la tâche et se contentent d'un modique salaire; enfin leur travail est régulier, à la

condition d'être surveillé avec soin. Il faut également une main très ferme pour veiller à l'exécution des contrats, car les entrepreneurs sont faux et chicaniers à l'excès, mais ils s'exécutent de bonne grâce, dès qu'ils sentent au-dessus d'eux une autorité équitable et inflexible.

Les ouvriers des deux races sont menés plus facilement par des contre-maîtres de leur nationalité que par des surveillants européens. Ce n'est pas qu'ils refusent d'obéir à ces derniers, mais, en général, ils comprennent peu leurs ordres et en sont mal compris eux-mêmes. Quant aux surveillants européens parlant l'annamite, ils sont malheureusement trop rares pour que l'on puisse compter sur eux. On en trouvera cependant quelques-uns, et nous avons reçu, lors de notre passage, quelques propositions sérieuses dont les exploitants pourront profiter.

La présence de ces surveillants, jointe à l'organisation spéciale du travail confié aux entrepreneurs chinois, permettra de réduire à son minimum l'emploi, toujours compliqué et dispendieux, des interprètes, puisque les chefs de l'entreprise n'auront jamais à communiquer qu'avec des chefs ouvriers choisis par ces derniers, et soumis à une surveillance toute spéciale.

Dans les conditions que nous venons d'énumérer, on peut espérer obtenir des ouvriers indigènes leur rendement maximum; mais ce rendement sera toujours inférieur à celui des ouvriers européens, et nous estimons que, malgré la puissance et la régularité d'allure des couches du bassin de Hon-Gâc, il serait dangereux d'évaluer préventivement la production journalière à plus de 500 kilog. de charbon par ouvrier total, travaillant tant au fond qu'au jour, mais abstraction faite, bien entendu, de ceux qui sont employés à l'élaboration ultérieure du combustible.

D'autre part, on peut compter sur trois cents jours au plus de travail par an, ce qui fait, en définitive, cent cinquante tonnes pour le rendement annuel moyen de l'ou-

vrier travaillant aux mines. Il faudra donc six à sept cents ouvriers pour l'exploitation annuelle des 100.000 tonnes que nous montrerons être le taux normal immédiat de l'exploitation, et finalement un millier d'ouvriers en tout, en tenant compte de ceux qui seront occupés aux transports et à l'élaboration des charbons.

Pour attirer une population ouvrière de cette importance à Claireville, et surtout pour l'y maintenir dans un état satisfaisant de santé, il faudra essentiellement que cette population soit logée par les soins de la direction de l'entreprise. Heureusement la simplicité du logement des coolies annamites et chinois est telle que cette obligation sera peu onéreuse. Si nous prenons, en effet, pour base le prix de revient de la maison bâtie à Claireville pour M. Saladin, nous arrivons à la conclusion que le coût du logement d'un coolie sera d'environ 30 francs, ce chiffre comprenant les magasins destinés aux approvisionnements de vivres, les abris pour les animaux et les rares aménagements de terrains nécessaires à l'établissement des habitations. Il sous-entend, en outre, que l'on ne sépare pas l'Annamite de sa famille, précaution indispensable pour fixer définitivement sur le carreau de la mine une partie au moins de la population ouvrière.

Le logement des employés européens devra être établi dans des conditions hygiéniques très soignées. Il pourra être placé à flanc de coteau sur l'une des collines qui dominent Claireville, et devra comprendre, outre les bâtiments habituels pour la direction, la surveillance et les bureaux de tout ordre, une infirmerie bien approvisionnée contenant au besoin deux ou trois lits de camp pour les blessés.

**Climat.** — Le climat du Tong-King offre une grande analogie avec celui de la Chine méridionale. Les saisons y sont nettement tranchées et l'hiver y est agréable et sain. La température y descend quelquefois jusqu'à un petit nom-

bre de degrés au-dessus de 0°, et la gelée blanche y est même assez fréquente au mois de janvier. Aussi les Européens qui habitent le Tong-King s'accordent-ils à regarder le séjour dans ce pays comme bien moins pernicieux que celui de la Cochinchine française. Dans l'infanterie de marine, par exemple, la majorité des cas d'entrée à l'infirmerie est due à des causes accidentelles ; les maladies graves arrivent ordinairement à la suite d'insolation ou d'imprudences, la dyssenterie et la diarrhée de Cochinchine y sont exceptionnelles. Enfin, l'anémie et l'intoxication paludéenne y sont bien moins à redouter qu'à Saïgon.

Dans le Tong-King même, la région réputée la plus saine est celle qui est située au milieu du delta, au centre des grandes cultures de riz et des arbres fruitiers. La montagne jouit au contraire d'une assez mauvaise réputation, et les grandes forêts du Tong-King occidental sont redoutées à juste titre, à cause de la fièvre des bois qui atteint presque tous ceux qui les parcourent pendant quelque temps.

Le bassin de Hon-Gâc, dans sa partie maritime, participe au climat sain du littoral ; mais il est à craindre que les forêts qui recouvrent les collines ne partagent l'insalubrité des grands bois de l'Ouest et ne causent quelques fièvres aux ouvriers, au moins dans les commencements. Nous croyons cependant qu'il ne faut pas s'exagérer ces appréhensions. Nous avons, en effet, passé près d'un mois dans cette région, et cela dans des conditions de confort et de salubrité très médiocres, et pourtant nous n'avons ressenti aucune atteinte de fièvre paludéenne. Nous sommes persuadés, en tous cas, que, par un aménagement bien compris des forêts environnant les futurs centres de population et par une distribution abondante d'eau douce et pure dans les maisons ouvrières, on arrivera à écarter, sinon toutes, du moins la plus grande partie des causes d'intoxication paludéenne, et que l'on rendra le séjour complètement inoffensif même aux Européens. Les travaux que nécessitera cet aména-

gement ne seront pas très considérables; ils vaudront la peine d'être entrepris dès le commencement des exploitations.

La température étant fort élevée pendant la saison chaude et pluvieuse, on sera conduit à modifier légèrement, pendant cette saison, les heures de travail habituelles. Il est impraticable, en effet, de faire travailler au dehors, et même dans les ateliers, pendant les trois heures de plus forte chaleur. Dans la mine, au contraire, la température étant uniforme, le travail souterrain s'exécutera en toutes saisons dans les conditions normales et sans modifications.

### C. — Importance de l'exploitation. — Débouchés probables des charbons du Tong-King.

L'évaluation des débouchés probables des charbons du Tong-King, et par suite l'importance que l'on peut dès aujourd'hui assigner à leur exploitation annuelle, est basée sur deux groupes de données bien distinctes : d'abord l'importance et l'état économique des marchés sur lesquels ces charbons pourront trouver leur écoulement, et, en second lieu, les conditions dans lesquelles ils pourront arriver sur ces marchés.

La statistique fournit, pour le premier de ces groupes, des renseignements assez complets; le second, au contraire, ne doit être abordé qu'avec une extrême réserve, une grande partie des éléments qui le composent n'existant qu'à l'état de projet ou même de desideratum encore lointain.

#### a. — *Statistique du marché des charbons dans l'extrême Orient.*

Les grands centres commerciaux dans lesquels la situation géographique du bassin houiller du Tong-King permet à ses produits d'entrer en concurrence avec les sources ac-

tuelles d'approvisionnement se réduisent, au moins provisoirement, à quatre ports principaux : Saïgon, Singapore, Hong-Kong et Shang-Haï, auxquels il faut ajouter les marchés, aujourd'hui secondaires, du Tong-King lui-même, au premier rang desquels se place celui de Haï-Phong.

Les charbons consommés dans ces ports ont quatre provenances principales : l'Angleterre, et notamment Cardiff, l'Australie, le Japon, enfin la France, représentée presque exclusivement par les briquettes consommées par notre marine de guerre.

Les chiffres approximatifs pour lesquels les charbons de ces diverses provenances ont figuré en 1880 dans les quatre ports que nous venons de mentionner conduisent à un total de plus de 500.000 tonnes et sont résumés dans le tableau suivant :

**Statistique de l'importation des charbons dans quelques ports de l'extrême Orient en 1880.**

| PROVENANCE des charbons. | PORTS Singapore. | Saïgon Port. | Saïgon Arsenal | Shang-Haï. | Hong-Kong. |
|---|---|---|---|---|---|
| | tonnes | tonnes | tonnes | tonnes | |
| Angleterre (Cardiff) | 168.725 | 1.434 | » | 5.539 | Plus de 120.000 tonnes |
| Australie | 1.855 | 4.089 | 1.524 | 14.498 | |
| Chine | » | 400 | » | » | |
| Japon | » | » | » | 161.689 | |
| Sumatra. — Serawack | 200 | » | » | » | |
| France (Grand'Combe, etc.) | » | 6.353 | 6.348 | » | |
| | 170.780 | 12.276 | 7.872 | 184.941 | 120.000 |
| | | 20.148 | | | |

La qualité de ces divers combustibles est, comme nous l'avons vu, loin d'être uniforme.

Les charbons anglais constitueront toujours un combustible de choix, que les houilles maigres ou demi-grasses du

Tong-King ne pourront que difficilement remplacer à prix égal. En revanche, les houilles d'Australie sont notablement inférieures à ces dernières à cause de leur teneur en soufre, et, d'autre part, le pouvoir calorifique des lignites du Japon, et par suite leur valeur industrielle, ne sont que les deux tiers de ceux du charbon de la mine Henriette.

De là, dans les prix de vente, des différences dont l'importance va en s'accentuant à mesure que le lieu de vente s'éloigne du centre de production.

La tonne de charbon anglais coûte actuellement 51 francs à Singapore, 53f,50 à Hong-Kong et 54 à 55 francs à Shang-Haï, ces prix s'appliquant à d'importants marchés à long terme.

Les briquettes françaises atteignent une valeur de 70 francs à Saïgon, et la marine de l'État les paye plus de 80 francs par tonne dans le port de Haï-Phong.

Les charbons australiens arrivent aux prix de 50 à 55 francs par tonne à Saïgon ; enfin, les lignites du Japon étaient offerts, lors de notre séjour, à raison de 45 francs par tonne à Haï-Phong, ce qui correspond à 35 ou 38 francs environ à Shang-Haï.

Bien que ces divers prix soient assez élevés, ils nous paraissent difficilement susceptibles de réductions sérieuses. Ils correspondent, en effet, pour les charbons anglais par exemple, à une valeur de 12 à 13 francs à Cardiff, valeur que l'on peut considérer comme normale, et à des frets de 38 à 42 francs, qui ne sont rémunérateurs pour les compagnies de transport qu'à la condition d'être compensés par des frets de retour beaucoup plus élevés.

Nous pouvons donc les prendre pour base dans nos évaluations préventives sur la concurrence éventuelle des charbons du Tong-King.

**b. — *Conditions d'arrivée des charbons du Tong-King sur les marchés de l'extrême Orient.***

Les conditions dans lesquelles les charbons du Tong-King pourront se présenter sur les marchés de l'extrême Orient dépendent naturellement du prix de revient de ces charbons sur place et des frais de transport jusqu'aux lieux de vente. Malheureusement, comme nous l'avons dit plus haut, ces deux éléments ne peuvent être indiqués qu'avec une extrême réserve, puisqu'ils doivent être formulés *a priori*, aucun d'eux ne correspondant encore à des réalités pratiques.

D'autre part, l'établissement théorique du prix de revient sort des cadres de cet extrait, et nous ne pouvons qu'indiquer d'une manière sommaire les résultats de l'étude minutieuse que nous avons faite à cet égard. En admettant un placement annuel de 100.000 tonnes de produits, chiffre que nous justifierons dans un instant, et l'immobilisation d'un capital de 5.000.000 de francs pour frais de premier établissement et fonds de roulement, nous avons été conduits à estimer que le prix de revient de la tonne de charbon sous vergues dans la baie de Hon-Gâc atteindrait de 15 à 18 francs par tonne, et celui de la tonne de briquettes 27 à 30 francs, suivant l'importance, absolument inconnue encore, des frais d'épuisement.

Quant au fret depuis la baie de Hon-Gâc jusqu'aux lieux de vente, il est beaucoup plus indéterminé encore, et nous ne pouvons qu'indiquer ici les distances approximatives que les charbons auront à franchir pour les atteindre et qui serviront de base à l'établissement de ces frets.

Ces distances, ainsi que celles relatives aux produits concurrents, sont résumées dans le tableau suivant :

| ORIGINE des charbons. | DISTANCES APPROXIMATIVES à franchir en *milles marins* jusqu'aux lieux de vente | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Singapore. | Saigon. | Hai-Phong. | Hong-Kong. | Shang-Hai. |
| Angleterre. . . . . | 11.600 | 12.250 | 13.000 | 13.160 | 14.000 |
| France. . . . . . . | 6.600 | 7.250 | 8.000 | 8.160 | 9.030 |
| Australie . . . . . | 3.600 | 4.200 | 4.100 | 4 000 | 4.000 |
| Japon . . . . . . . | 3.190 | 2.550 | 1.800 | 1.600 | 1.500 |
| Tong-King. . . . . | 1.550 | 900 | 30 à 60 (*) | 400 | 1.200 |

(*) Suivant la route adoptée. — Les bateaux de faible tirant d'eau pourront prendre les canaux intérieurs; les grands navires, au contraire, devront passer à l'extérieur de l'archipel.

Ce tableau montre l'écart considérable qui existe, en faveur des charbons du Tong-King, au point de vue des distances à parcourir jusqu'aux lieux de consommation. Sans doute il serait prématuré et même inexact de vouloir traduire ces différences par des économies proportionnelles sur le fret, la valeur de ce dernier étant régie par des conditions complexes qui s'ajoutent à celles de la distance et peuvent même parfois la contrebalancer; il nous suffit de les signaler sans commentaire pour nous permettre de formuler, en terminant, les prévisions minima relatives au placement des charbons du Tong-King, et d'en déduire l'importance immédiate probable de l'exploitation.

### c. — *Importance immédiate probable de l'exploitation des houilles du Tong-King.*

Le taux annuel de la production possible de la houille dans le bassin de Hon-Gâc est naturellement la somme des débouchés que cette houille peut espérer trouver dans les différents ports et qne nous allons successivement essayer de déterminer.

**Singapore.** — Les charbons anglais ne seront que faiblement atteints à Singapore par la concurrence des

houilles du Tong-King, puisqu'ils sont apportés dans ce port comme lest et que leur fret a une valeur de convention, compensée, comme nous l'avons dit, par l'élévation des frets de retour.

Nous espérons pourtant que les houilles demi-grasses de notre second groupe de couches trouveront un certain écoulement sur ce marché, et nous croyons pouvoir, sans exagération aucune, en évaluer la quote-part au dixième de l'importation anglaise, soit à 16.000 tonnes environ. En revanche, les charbons du Tong-King se substitueront sans difficulté aux combustibles malais ou australiens, ce qui fait un nouveau placement d'environ 2.000 tonnes.

**Saïgon.** — On peut considérer le marché de Saïgon comme acquis tout entier par avance aux produits du Tong-King, dont les houilles remplaceront sans difficulté les 5 à 6.000 tonnes de charbon australien consommées dans ce port; les 10.000 tonnes de briquettes françaises devront également disparaître devant les produits, similaires comme qualité et beaucoup plus avantageux comme prix, qui seront fabriqués dans la baie de Hon-Gâc.

**Hong-Kong et Haï-Phong.** — C'est dans les deux ports de Hong-Kong et de Haï-Phong que, grâce au voisinage des gîtes, les charbons du Tong-King se présenteront dans les conditions les plus avantageuses pour faire une concurrence énergique aux charbons anglais, australiens et même japonais; toutefois, vu le peu de renseignements que nous avons sur le marché de Hong-Kong, nous évaluerons à 20 p. 100 seulement de sa consommation totale, soit à 22.000 tonnes environ l'importance du placement des charbons du Tong-King dans ces deux ports.

**Shang-Haï.** — La faible importance des charbons an-

glais à Shang-Haï enlève tout intérêt à la concurrence à faire à ce combustible. En revanche, c'est là que la lutte entre les charbons japonais et ceux du Tong-King sera la plus vive. Nous croyons rester au-dessous de la vérité en faisant à ces derniers une place d'un quart seulement, soit de 45.000 tonnes environ dans la consommation totale, et en admettant leur substitution pour les deux tiers, soit pour 10.000 tonnes, aux houilles australiennes.

En réunissant les divers chiffres que nous venons d'établir, on arrive au groupement suivant pour l'importance probable des débouchés immédiats des produits du Tong-King :

| | tonnes |
|---|---|
| Singapore | 18.000 |
| Saïgon | 15.000 |
| Hong-Kong et Haï-Phong | 22.000 |
| Shang-Haï | 45.000 |
| Total | 100.000 |

On voit donc que l'on peut espérer, à courte échéance, un écoulement annuel de 100.000 tonnes pour les produits du bassin houiller de Hon-Gâc. Ce chiffre ne tient aucun compte du développement que prendront, sous l'influence de la mise en valeur de ce bassin, les ports du Tong-King eux-mêmes, et notamment Haï-Phong, Quang-Yêne et Ha-Noï ; il a été également établi en dehors de toutes les hypothèses de création d'industries métallurgiques, notamment de celle du fer et de l'acier, qui prendra naissance à Saïgon le jour où l'on exploitera le puissant gîte de fer de Ph'nom Dèck au Cambodge.

Nous pensons donc qu'il n'y a aucune exagération à prendre le chiffre de 100.000 tonnes comme base immédiate de l'exploitation éventuelle du bassin de Hon-Gâc, et à prévoir une augmentation sérieuse de ce chiffre dans un avenir peu éloigné.

Quant au charbon de Nong-Sön, sa nature anthraciteuse

nous oblige à garder à son égard la plus grande réserve, car, d'une part, il s'éloigne beaucoup des types de charbons adoptés par la marine, et, de l'autre, sa forte teneur en cendres le fera toujours considérer comme un combustible inférieur et lui permettra difficilement de prendre une grande importance sur les marchés de l'extrême Orient.

---

# CHAPITRE III

## ÉTUDE DU GÎTE DE FER DE PH'NOM-DÊCK

---

### § 1. — **Constitution du gîte.**

#### A. — GÉOGRAPHIE GÉNÉRALE DE LA CONTRÉE.

La mine de fer de Ph'nom-Dêck se trouve au N.-E. du grand lac Tonlé-Sap du Cambodge, dans la province de Compong-Thom, et à 70 kilomètres environ de cette ville.

On y parvient en remontant le fleuve qui réunit Ph'nom-Penh au grand lac, en traversant la partie inférieure du petit lac et en s'engageant dans la rivière Sène qui conduit directement à Compong-Thom. Pendant neuf mois de l'année environ, cette ville est accessible par eau au moyen de petites chaloupes à vapeur ou d'embarcations de faible tirant d'eau. A partir de Compong-Thom, la route à suivre est différente suivant la saison. Durant la saison des pluies, il y a avantage à remonter la rivière au-dessus de Compong-Thom pendant environ 30 kilomètres, et, du point d'arrivée à la mine, il reste alors 40 kilomètres au plus à faire par route de terre. Pendant la saison sèche, on suit le chemin que nous avons pris et qui se dirige presque directement vers le nord, en passant par les villages khouys d'Ang-Kemar, Prey-Te-Teng, etc. (*fig.* 10,

Pl. IX). Ce chemin traverse une immense plaine couverte de bois, touffus le long des rivières, clairsemés dans les intervalles des cours d'eau, et de plus en plus serrés à mesure que l'on s'approche de la montagne.

Toute la région est absolument plate, et, vue d'un point élevé, elle paraît rigoureusement horizontale. On n'y rencontre, en la traversant, que les rares dénivellations produites par les cours d'eau, dont les sillons s'enfoncent à 8 mètres au plus au-dessous du plan général. Il existe cependant une faible pente du nord vers le sud, pente qui peut être évaluée à environ 1/2000 ou à un demi-millimètre par mètre.

Cette immense plaine est entièrement formée par des alluvions, généralement constituées par un sable quartzeux blanc d'une grande finesse. Dans les parties basses et dans le voisinage des rivières, ce sable est mélangé à une proportion plus ou moins forte d'argile kaolineuse due principalement au limonage annuel pendant la période des grandes crues.

Les dépressions les plus importantes sont occupées par des marécages, transformés en lacs pendant la saison pluvieuse et conservant jusqu'à la fin de la saison sèche une faible quantité d'eau, seule ressource des populations primitives de ces vastes solitudes. C'est également autour de ces mares que se pressent les animaux qui peuplent les forêts tropicales, et nous y avons rencontré plus d'une fois des troupes de faisans et de paons sauvages, des cerfs et même des loups, sans parler de leur hôte le plus dangereux, quoique toujours invisible, le tigre, dont le voyageur se garde, pendant la nuit, par de grands feux allumés autour de son campement, et dont il ne soupçonne, pendant le jour, le voisinage redoutable que par l'odeur de fauve qui reste empreinte sur sa trace dans les broussailles de la forêt vierge.

C'est du milieu de cette plaine alluvionnelle que surgis-

sent les collines de Ph'nom-Dèck, dont la première renferme le puissant gîte de fer, objet de notre voyage. D'autres collines, de plus en plus rapprochées, plus nombreuses et plus hautes, s'élèvent à quelque distance; enfin, la grande chaîne qui sépare le bassin des Lacs de celui du Mé-Kong profile à l'horizon sa longue crête mamelonnée.

### B. — Topographie et géologie.

Ainsi que nous venons de l'exposer, le gîte de fer de Ph'nom-Dèck est compris dans le premier groupe de collines qui s'élève au-dessus de la grande plaine alluvionnelle de la rive droite des lacs cambodgiens. Il y forme un amas vertical, qui recoupe la petite chaîne normalement à la ligne de crête et dont le plan moyen est orienté N.-E. (*fig.* 11, Pl. IX). Il est encaissé de toutes parts par un tuf porphyrique, généralement blanc ou rose pâle, qui est irrégulièrement coloré en rouge par de l'oxyde de fer dans le voisinage du gîte, et qui constitue la masse entière du groupe des collines de Ph'nom-Dèck aussi loin qu'il nous a été possible de les explorer.

Les collines voisines sont, au contraire, essentiellement formées de roches granitiques, dont la plus importante est une granulite verdâtre à deux feldspaths et à mica bronzé qui occupe la totalité du petit chaînon situé en face du gîte. Cette granulite est recoupée par une série de filons minces d'une micro-granulite verte plus foncée, filons qui sont remarquablement parallèles entre eux et dirigés sensiblement du nord au sud.

Les relations entre la granulite et le tuf porphyrique nous sont inconnues, la dépression qui sépare les deux groupes de collines étant recouverte d'un épais manteau d'alluvions qui masque le contact des roches.

Ces alluvions sont beaucoup moins sableuses que celles de la plaine et renferment des fragments, peu roulés et

souvent même à angles vifs, de granulite, de grès siliceux lustrés et de calcaire-marbre, ce dernier provenant, d'après les affirmations de nos guides, d'une colline située à 8 kilomètres environ au N.-O. du gîte.

Des débris fragmentaires analogues se retrouvent au pied du versant sud-ouest de la colline de Ph'nom-Dèck, de sorte que cette dernière est comme entourée d'une ceinture d'alluvions détritiques formées sur place ou à peu près, et qui jettent quelque jour sur la constitution de la jonction, masquée par elles, des collines avec la plaine. C'est ainsi notamment que, sur le prolongement rigoureux du gîte vers le sud-ouest, on retrouve, au milieu des sables blancs habituels, des fragments nombreux de toutes les variétés de minerai de fer contenues dans le gîte, mêlés à quelques blocs plus rares de grès et de tuf porphyrique.

Cette traînée de fragments, qui se développe sur plusieurs kilomètres, permet d'espérer que le gîte n'est pas rigoureusement limité à la colline de Ph'nom-Dèck elle-même, et qu'il se prolonge au contraire à une distance plus ou moins grande sous les alluvions de la forêt.

### C. — Description détaillée du gîte.

#### a. — *Allure et distribution des minerais.*

La constitution détaillée du gîte de Ph'nom-Dèck est assez complexe; il comprend, en effet, les minerais les plus variés du fer, depuis la magnétite, l'hématite rouge et même le fer oligiste, jusqu'à la limonite et à la sidérose. Les premières sont amorphes et généralement compactes avec de rares paillettes cristallines; la limonite affecte la forme de petits fragments plus ou moins arrondis, passant parfois à de véritables pisolithes; enfin, la sidérose est essentiellement cristalline et partiellement transformée en héma-

tite, au moins dans les échantillons que nous avons pu recueillir près de la surface. La gangue est formée d'un peu de quartz et de grenat, dont la présence semble annoncer celle de la calcite à des profondeurs plus considérables.

A côté de ces minerais purs on trouve des associations complexes, formées par le mélange intime de leurs différentes variétés avec le tuf porphyrique. Tantôt on trouve des fragments imparfaitement cristallins de pâte feldspathique décomposée empâtés dans un ciment d'hématite rouge et de fer oligiste; tantôt la combinaison inverse se produit, et ce sont des fragments irréguliers de minerais de fer qui sont disséminés au milieu d'un sable légèrement ocreux et plus ou moins argileux provenant de la décomposition du feldspath du tuf porphyrique; tantôt enfin l'association est plus intime encore et constitue une véritable éponge siliceuse imprégnée de fer et de manganèse.

La disposition de ces divers éléments constitutifs du gîte est assez difficile à définir avec précision à cause de l'impossibilité presque absolue de parcourir les affleurements au milieu des broussailles de la forêt vierge. Ce n'est donc qu'avec une certaine réserve que nous formulons les conclusions suivantes.

La partie centrale du gîte est occupée par le minerai à structure bréchiforme avec noyaux feldspathiques plus ou moins abondants, ainsi que par le conglomérat ocreux, qui n'en est qu'une altération peut-être superficielle. C'est ce dernier type de minerai qui est seul exploité actuellement par les sauvages Khouys; ils lui donnent le nom de *pierre légère*, parce qu'elle se prête plus facilement que l'hématite pure, qu'ils nomment *pierre lourde*, à leurs procédés métallurgiques primitifs. Les hématites compactes et le fer oligiste se trouvent principalement de part et d'autre de cette masse centrale; enfin, la sidérose paraît être concentrée dans des zones spéciales et correspondre à la phase terminale du phénomène qui a donné naissance au gîte, peut-être même

à un deuxième remplissage, qui aurait été précédé d'une fissuration de la masse déjà formée.

Nous n'avons observé nulle part de salbandes séparant nettement le minerai de la roche encaissante; il semble, au contraire, y avoir, de part et d'autre de chacune des zones de minerai pur, mais surtout du côté de l'est, une nouvelle bande de minerai à mouches feldspathiques passant au tuf à imprégnations ferrugineuses et enfin au tuf normal par des transitions insensibles.

La description que nous venons de donner ne s'applique directement qu'aux affleurements du gîte, seuls connus jusqu'ici, les petites exploitations des indigènes ne dépassant jamais la zone superficielle. Nous pensons pourtant qu'elle peut s'appliquer, sans changements notables dans ses grandes lignes, à la masse du gîte tout entière, aucun de ses traits principaux ne pouvant être attribué au voisinage de la surface et à l'influence des agents atmosphériques.

Nous en exceptons toutefois les proportions relatives d'oxyde anhydre, d'oxyde hydraté, de carbonate de fer, qui seront sans doute modifiées avec la profondeur; la limonite, principalement représentée par la *pierre légère* et le minerai pisolithique, diminuera à mesure que l'on s'éloignera de la surface, tandis que la sidérose prendra une importance croissante, une fraction plus ou moins considérable des oxydes que l'on observe aux affleurements étant dus à sa décomposition superficielle.

En résumé, le gîte de fer de Ph'nom-Dèck nous paraît devoir être rangé parmi ceux dont la formation est liée intimement à celle d'une roche éruptive, et auxquels on a, pendant longtemps, improprement donné le nom de *gîtes de contact*.

Ces gîtes ont pour caractère géologique essentiel le fait que l'éruption a eu lieu sous l'influence d'actions hydrothermales et non simplement *à la manière des laves*, pour rappeler l'expression classique employée par Élie de Beaumont.

Les roches éruptives, au lieu de prendre la texture cris-

talline normale, y apparaissent sous forme d'une masse boueuse ou tuffacée au milieu de laquelle les minerais proprement dits sont distribués sans ordre apparent, si bien que la masse éruptive totale présente de fréquentes variations de détail dans la disposition et l'importance relatives de ses éléments constitutifs; mais elle conserve, au contraire, une assez grande homogénéité d'ensemble, et l'on peut espérer poursuivre, en extension comme en profondeur, celui des éléments qui constitue le gîte proprement dit, le minerai de fer ou plutôt les divers minerais de fer, et particulièrement la sidérose, qui accuse le plus nettement l'origine hydrothermale, devant se développer aux dépens de tous les autres dans la profondeur.

### b. — *Qualité des minerais. — Analyses.*

Les divers types de minerais qui constituent le gîte de Ph'nom-Dèck ont été l'objet de nombreuses analyses, ce gîte, dont la réputation est grande dans l'Indo-Chine, ayant été visité avant nous par plusieurs ingénieurs, qui ont rapporté et fait analyser les spécimens qu'ils avaient recueillis.

Nous citerons notamment M. Boulangier, ingénieur en chef des ponts et chaussées à Saïgon, qui a publié dans les *Excursions et reconnaissances de la Cochinchine* une description sommaire du gîte (*), dans laquelle il donne la composition des deux principaux types de minerais, la *pierre lourde* et la *pierre légère.*

Pour faire un pas de plus dans la connaissance du gîte, nous nous sommes efforcés de prendre sur place des quantités assez considérables des types principaux pour que nos échantillons puissent, après un fractionnement sommaire, être considérés comme des *prises d'essai* rudimen-

(*) Cette description s'écarte notablement de la nôtre, M. Boulangier ayant considéré la masse entière de la colline de Ph'nom-Dèck comme constituée par du minerai de fer pur.

taires. Ces prises d'essai, analysées par les soins obligeants du laboratoire des forges de Châtillon-Commentry, ont donné les résultats suivants :

| NATURE des minerais. | FER métallique. | MANGANÈSE. | ALUMINE. | CHAUX. | GANGUE insoluble. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 | p. 100 | p. 100 | |
| Minerai en roche (pierre lourde) | 68,02 | 0,21 | 0.82 | 1,70 | 3,2, | Partiellemment attirable à l'aimant; semble être un mélange de magnétite et d'hématite rouge. |
| Sidérose oxydée | 65,80 | 0.50 | 2,00 | 1.30 | 2,35 | Attirable à l'aimant; avec cristaux de fer oligiste. |
| Minerai fragmentaire normal (masse principale) | 64,18 | 0,64 | 3,15 | traces | 1.30 | Attirable à l'aimant; magnétite altérée mélangée de limonite. |
| Conglomérat tuffacé (pierre légère) | 37,85 | 2.34 | 2,88 | 5,65 | 19.85 | Limonite non concrétionnée. |
| Minerai hydraté | 50,06 | 0.36 | 0.23 | » | 24,85 | Limonite avec un peu d'oligiste. |
| Tuf ferrugineux | 20.83 | 0,18 | 4.65 | traces | 54.70 | Limonite très ocreuse. |
| Minerai en grains avec sa gangue (a) | 40,45 | 2,98 | 9,12 | traces | 22,40 | Partiellement attirable; minerai pisolithique. |
| Minerai en grains avec sa gangue (b) | 46,33 | 1,55 | 13.55 | néant | 12.75 | Partiellement attirable; minerai pisolithique. |

Ces analyses montrent que les trois types qui constituent la masse principale du gîte : l'hématite pure (pierre lourde), compacte ou fragmentaire, la limonite pure ou faisant partie du conglomérat tuffacé (pierre légère), enfin la sidérose, constituent des minerais de fer d'une grande richesse, comparable à celle des minerais pyrénéens.

Leur pureté est en rapport avec leur teneur élevée en fer, des analyses faites au Conservatoire des Arts et Métiers et au laboratoire de l'École des mines sur des échantillons rapportés par M. Boulangier ayant montré l'absence totale ou presque totale du soufre, et des traces insignifiantes de phosphore allant de 0,002 à 0,005 p. 100, soit 2 à 5 cent-millièmes seulement.

Les minerais de Ph'nom-Dèck sont donc des minerais de choix, se prêtant parfaitement aux nouvelles méthodes de la métallurgie du fer et pouvant donner, dans les meilleures conditions possibles, d'excellents aciers Bessemer ou Martin.

### e. — *Cubage.*

Le cubage de la partie visible du gîte de Ph'nom-Dèck au-dessus de la plaine d'alluvions est relativement facile. Nous avons vu, en effet, que ce gîte formait un puissant amas traversant la colline normalement à son arête et conservant sensiblement ses dimensions sur les deux versants.

La puissance tranversale de l'amas est nettement visible sur la crête, qui est rectiligne et sensiblement horizontale sur tout le parcours du gîte, le tuf porphyrique formant au contraire de part et d'autre de ce dernier deux petits pitons qui le dominent d'une trentaine de mètres environ. Enfin, la hauteur de la crête horizontale au-dessus de la plaine est à peu près exactement de 85 mètres, d'après une série de mesures barométriques effectuées pendant notre exploration, et les pentes des deux versants de la montagne ne dépassent nulle part 30 degrés.

Il en résulte que l'on peut assimiler la masse visible du gîte au-dessus de la plaine à une sorte de conoïde droit, dont la ligne de crête, d'une part, et la courbe d'intersection avec le sol de l'autre, seraient les directrices, le plan directeur étant perpendiculaire à la ligne de crête.

On peut simplifier les calculs, sans altérer leur degré d'approximation, en remplaçant la courbe directrice par le rectangle équivalent, ce qui ramène simplement la masse à être un prisme triangulaire droit couché, dont le triangle de base a pour dimensions :

$h = 85$ mètres, $b = \frac{2 \times 85 \text{ mètres}}{\text{Tang } 30^\circ}$, la hauteur mesurée sur la crête étant de 200 m. environ.

Son volume est donc de $\frac{1}{2} \frac{2 \times 85 \times 85 \times 200}{0,55} = 2.500.000$ mètres cubes. Pour tenir compte des pertes auxquelles donne lieu le triage destiné à écarter le tuf ferrugineux intercalé, nous réduirons ce chiffre de 25 p. 100, ce qui nous conduit,

pour la partie visible du gîte de Ph'nom-Dêck, à une masse de minerai de fer de 2.000.000 de mètres cubes ou de 6 à 7 millions de tonnes, ce minerai ayant une teneur moyenne de 50 à 55 p. 100.

Quant aux portions du gîte situées au-dessous du niveau de la plaine, soit directement sous la colline, soit dans le prolongement du gîte vers le sud, et dans lesquelles la sidérose plus abondante provoquera un abaissement sensible de la teneur, nous ne pouvons qu'en indiquer l'existence sans nous permettre, à leur égard, une évaluation numérique qui serait aussi prématurée qu'inopportune, les richesses directement mesurables du gîte étant suffisantes pour alimenter l'exploitation pendant une longue période d'années.

## § 2. — Étude technique et mise en valeur du gîte de fer de Ph'nom-Dêck.

### A. — Considérations générales.

L'importance du gîte de fer de Ph'nom-Dêck, la richesse et la pureté de ses minerais ont plus d'une fois fait naître le projet de sa mise en valeur industrielle.

Ce n'est pas que ce gîte soit entièrement inutilisé aujourd'hui : il est, au contraire, exploité d'une façon rudimentaire par les *Khouys*, population indigène qui vit à l'état demi-sauvage dans les forêts du Cambodge et du Laos, et qui s'adonne d'une manière spéciale à l'élaboration des minerais de fer par des méthodes primitives, dont nous parlerons plus loin.

Mais les travaux d'exploitation essentiellement superficiels que nécessite cette industrie ne font, en quelque sorte, qu'effleurer le gîte. Ils s'effectuent sur une échelle si modeste qu'ils mériteraient à peine l'honneur d'être mentionnés, s'ils ne donnaient finalement naissance à un fer extrê-

mement estimé, qui est exporté à de grandes distances et qui est comme le témoin anticipé des résultats auxquels pourrait conduire une installation métallurgique européenne.

La création d'une semblable industrie au Cambodge et en Cochinchine aurait, en tout état de cause, sa raison d'être en elle-même, indépendamment de l'heureuse influence qu'elle exercerait sur la prospérité de notre colonie, à cause de la consommation sans cesse croissante du fer et des aciers dans l'extrême Orient.

La production indigène est entièrement incapable de satisfaire aux besoins de cette consommation, et, si elle lui procure encore, surtout en Indó-Chine, quelques produits exceptionnels à des prix très élevés, si une partie des fers communs sont demandés à la Chine, c'est toujours, et de plus en plus, l'importation européenne qui fournit la presque totalité des métaux employés dans les arsenaux et dans les ateliers de construction des colonies européennes.

Le problème de la création d'une industrie métallurgique en Indo-Chine mérite donc une étude attentive, dont l'actualité est rehaussée par la découverte des bassins houillers du Tong-King. Nous aborderons les grandes lignes de cette étude en examinant successivement les procédés métallurgiques rudimentaires actuellement employés par les Khouys, et les conditions que la topographie, la géologie et l'état politique et social de ces contrées lointaines imposeraient à une industrie établie d'après les errements de la civilisation européenne.

### B. — Métallurgie du fer chez les Khouys.

La métallurgie du fer chez les sauvages Khouys du Cambodge présente un grand intérêt, tant au point de vue de la méthode qu'ils emploient, qu'à celui des produits très estimés de leur fabrication, qui servent de monnaie

sur un territoire immense, et qui sont transportés par les marchands jusqu'au fond du Laos et du royaume de Siam.

Les minerais employés par les Khouys proviennent presque exclusivement des gîtes de fer de Ph'nom-Dêck. Ils consistent surtout en grenailles de limonite et de fer oligiste massif, et en fragments de petite dimension de cette roche spongieuse chargée de fer, à base de silice, que nous avons décrite précédemment sous le nom de *pierre légère* et qui contient 2,34 p. 100 de manganèse.

Le mélange irrégulier de ces deux minerais, trié à la claie dans le gîte de Ph'nom-Dêck, est apporté au moyen de chars à buffles dans un assez grand nombre de villages où se fait le traitement.

La fabrication du fer comprend deux opérations distinctes, les produits de la première étant vendus aux petites forges dans lesquelles s'effectue la seconde. On peut se figurer l'ensemble de la méthode, en la comparant à la *méthode catalane*, scindée en deux parties : 1° la fabrication de l'éponge de fer, par réduction du minerai ; 2° l'élaboration de l'éponge de fer et sa transformation en petites barres martelées.

### a. — *Fabrication de l'éponge de fer.*

L'éponge de fer est produite dans un bas foyer soufflé par un grand nombre de tuyères.

Elle reste dans le foyer, mélangée au charbon de bois, après l'écoulement des scories qui se fait vers la fin de l'opération.

**Description du bas foyer.** — Le bas foyer où se fait cette opération est une cuve rectangulaire de $0^m,90$ de largeur sur $2^m,50$ de longueur, et environ $0^m,40$ de profondeur.

Les parois et la sole de cette cuve sont exécutées en terre réfractaire amaigrie par une forte proportion de

sable blanc très fin. Ces matériaux font partie, comme nous l'avons vu, des alluvions de la plaine. On donne aux parois une épaisseur croissante allant depuis 0m,05 vers le haut jusqu'à 0m,20 à la sole.

Dans l'axe de chacun des petits côtés du four, et au niveau de la sole, est percé un trou de coulée, ordinairement bouché par un tampon de bois. A partir de ce trou, la sole monte légèrement jusqu'au milieu du four, où elle présente une arête parallèle aux petits côtés. Les scories provenant de l'opération coulent donc vers les petits côtés du four contre lesquels elles s'accumulent, pour être évacuées par les trous de coulée au moment opportun.

Tout le four est élevé, sur un large massif de terre fortement battue, à une hauteur d'environ 0m,80 au-dessus du sol et l'ensemble de la petite usine est placé sous un abri en chaume.

Sur le massif de terre qui supporte le four, et à 30 centimètres environ du milieu de chacun des grands côtés du bas foyer, est établi un fort soufflet circulaire de 1m,50 de diamètre fournissant le vent aux tuyères qui traversent ce long côté.

Le soufflet se compose d'une cuvette en calotte sphérique, faite en terre battue, sur laquelle est tendue une peau de buffle ou de cerf, constamment mouillée. Cette peau, appliquée sur les bords de la cuvette au moyen d'une petite corde, absolument comme le couvercle d'un pot de confitures, est assez lâche vers le centre pour pouvoir être soulevée ou abaissée de 15 centimètres au moins, en dehors du plan formé par le bord de la cuvette.

Un manœuvre produit ce mouvement alternatif en appuyant fortement le pied sur le centre de la peau, tout auprès d'une corde qui y est fixée et qui, tendue par un grand arc en bois, aide à relever la peau pour produire l'aspiration. Pour faciliter cette manœuvre, la cuvette est inclinée d'environ 30 degrés vers l'extérieur de l'usine :

le souffleur, debout sur un petit tabouret, tient à la main la corde fixée au soufflet ; tantôt il se penche en avant pour appuyer de tout le poids de son corps sur la peau, tantôt il se rejette en arrière en donnant tout son effort à la corde d'aspiration.

26 tuyaux porte-vent rayonnent du centre du soufflet vers un même nombre de tuyères, régulièrement espacées le long du grand côté du bas foyer, sur une ligne horizontale. Ces tuyaux en bambou, de 15 millimètres de diamètre, ne touchent pas les tuyères placées dans leur prolongement. Un intervalle de 15 millimètres environ les en sépare et l'air, projeté en petite quantité et à forte pression par le porte-vent, entraîne dans la tuyère une forte quantité d'air à basse pression, par un artifice analogue à celui sur lequel est fondé le ventilateur Kœrting. Chaque tuyère, en terre réfractaire moulée sur un mandrin cylindrique en bois, pénètre dans le four, où son extrémité se trouve à environ 20 centimètres de la paroi intérieure.

Par suite de la disposition du porte-vent, l'air attiré par l'aspiration du soufflet s'introduit dans ce dernier par l'intervalle qui existe entre le porte-vent et la tuyère ; cette disposition dispense de l'addition compliquée d'une soupape au soufflet, tout en évitant de remplir ce dernier avec les gaz du foyer.

**Opération.** — L'opération métallurgique est fort simple. Sur une couche de charbon allumé, recouvrant les tuyères, on charge le charbon et le minerai par lits minces alternés. La charge comprend 200 à 250 kilog. de minerai ayant 2 à 2,5 de densité moyenne et 5 à 6 hectolitres de charbon. Le lit de fusion occupe donc une épaisseur d'environ 30 centimètres sur le charbon d'allumage. On souffle doucement, pendant environ 8 heures, à raison de 10 coups de soufflet en moyenne par minute pour opérer la réduction. Dès que celle-ci est achevée, on augmente l'intensité du

vent pour fondre la scorie et agglomérer autant que possible l'éponge de fer. Pendant ce coup de feu, qui dure de 2 à 4 heures, on débouche plusieurs fois les trous de coulée pour évacuer la scorie, et finalement on laisse refroidir le four pendant la nuit. L'opération dure ainsi 10 à 12 heures.

Les forgerons nous ont accusé un rendement de 10 à 15 kilog. de fer seulement. Ce chiffre est probablement trop faible, quoique, par suite du peu de richesse du minerai qu'ils emploient (35 à 40 p. 100 au plus), la majeure partie de l'oxyde de fer doive passer dans la scorie sans être réduite.

Le produit de l'opération est une *éponge de fer* assez bien agglomérée, qu'on retire avec l'excès de charbon, après le refroidissement du four, et qui est vendue aux forges du pays pour y être transformée en petites barres.

### b. — *Fabrication du fer en petites barres.*

La transformation de l'éponge de fer en petites barres s'effectue dans un petit foyer, creusé dans le sol même et soufflé par un appareil aussi primitif qu'ingénieux. Cet appareil consiste en deux cylindres creux en bois placés verticalement sur le sol, et munis chacun, à sa partie inférieure, d'un ajutage qui envoie l'air dans une tuyère unique en terre qui plonge dans le foyer. Dans chaque cylindre se meut, au moyen d'une longue tige en bois, un piston plus petit que le cylindre, sous la circonférence duquel pendent des chiffons de $0^{m},20$ de longueur environ. Quand le piston s'élève, ces chiffons pendent et laissent passer abondamment l'air entre le cylindre et le piston ; quand on abaisse vivement celui-ci, ils s'appliquent sur le joint et le ferment assez hermétiquement. C'est, on le voit, à très peu de chose près, le piston Letestu. Un homme abaisse et élève alternativement les deux pistons, et fournit ainsi à la forge un fort courant d'air à peu près continu.

L'éponge de fer, divisée en petits fragments, est chauffée au blanc soudant, et le forgeron soude successivement ces fragments les uns aux autres sur une petite enclume, jusqu'à ce qu'il obtienne un lingot pesant environ 500 grammes. Ces lingots ont la forme d'une petite barre étirée aux deux extrémités.

Le métal ainsi produit est loin d'être homogène. Il présente des parties très aciéreuses alternant avec des portions de fer doux. Le martelage répété et l'étirage à la forge en font un métal corroyé, sorte de damas, à la fois dur et flexible, très estimé par les gens du pays qui en font principalement des armes et des outils. Il est répandu dans tout le Cambodge et dans une partie des royaumes d'Annam et de Siam, où il sert à faire le tranchant des haches, des coutelas et des pioches en fer commun que les indigènes achètent aux Chinois.

Sa valeur est très élevée. Il est payé sur place à raison d'une ligature, soit 0f,70 à 0f,75, par petite barre pesant sensiblement 500 grammes, ce qui correspond à 1.500 francs par tonne, et on l'accepte à ce taux dans la perception de l'impôt et dans les échanges commerciaux avec les populations du Laos.

### C. — Conditions de la mise en valeur du gîte.

#### a. — *Climat ; races.*

Le climat du Cambodge présente de grandes analogies avec celui du Tong-King. Nous renvoyons à ce que nous avons dit plus haut sur ce dernier, en ajoutant toutefois que les saisons sont moins marquées dans la vallée du Mé-Kong que dans celle du Fleuve Rouge et que l'on ne connaît pas, sur les bords du Grand Lac, ces nuits fraîches et ces journées tempérées de l'hiver qui sont un si grand bienfait pour la santé sur les rives de la baie de Hon-Gâc et de celle de

Faitzi-Long. Un séjour prolongé et ininterrompu à Ph'nom-Deck serait donc extrêmement préjudiciable aux Européens chargés de l'exploitation du gîte et il faudra pourvoir, soit à leur remplacement régulier tous les 3 ou 4 ans au plus, soit à un roulement qui leur permette de passer tous les 3 ans un minimum de 6 mois dans une région tempérée.

Quant au personnel ouvrier, il comprendra, outre les éléments annamites et chinois dont nous avons déjà parlé, les diverses populations qui occupent le sol du Cambodge et notamment les *Khmers* (ou Cambodgiens proprement dits) et les *Khouys*. Ces deux races, qui se rattachent toutes deux à la famille des pro-malais, sont robustes et bien constituées. Une alimentation régulière et surtout une boisson plus saine que l'eau croupissante des mares formées dans les dépressions de la plaine atténueront et feront même peut-être disparaître complètement les fièvres paludéennes et l'anémie qui sont les fléaux de toute la partie méridionale de la presqu'île indo-chinoise.

### b. — *Voies de communication.*

Le gîte de Ph'nom-Deck n'est accessible aujourd'hui, comme nous l'avons vu, que par des sentiers grossièrement ébauchés dans la forêt et praticables tout au plus aux chars cambodgiens montés sur deux roues et traînés, suivant leur taille, par deux petits bœufs trotteurs ou deux buffles à la pesante allure.

Tout est donc à faire sous ce rapport ; mais il est juste d'ajouter immédiatement que la topographie si simple de la contrée réduit à leur minimum les difficultés de cette création.

Le problème à résoudre est de relier par une voie ferrée Ph'nom-Deck à la mer ou plus simplement au Grand Lac, que l'on peut atteindre en toute saison avec des bateaux de faible tirant d'eau. Le tracé le plus court, et en appa-

rence le plus rationnel, serait une ligne droite dirigée vers le sud-ouest depuis Ph'nom-Deck jusqu'au Grand-Lac. Mais outre que cet itinéraire est complètement inconnu, les bords du lac présentent de grands obstacles à l'établissement d'une voie de communication. Ils sont, en effet, occupés par une zône vaseuse à peu près continue, dont la largeur augmente tous les ans grâce au colmatage ascendant du Mé-Kong, et qui, submergée pendant la saison des crues, constitue pendant la saison sèche une barrière aussi insalubre que difficile à franchir. Il est donc indispensable d'éviter cette ceinture vaseuse, c'est-à-dire de faire aboutir la voie aux bords de la rivière Sène, en un point où cette rivière reste abordable toute l'année aux bateaux de faible tirant d'eau. On trouvera facilement, à une dizaine de kilomètres en aval de Compong-Thom, un mouillage réalisant ces conditions.

De là à Ph'nom-Deck le chemin pourra suivre une ligne sensiblement droite, dirigée presque exactement du sud au nord et ayant une longueur totale d'environ 65 kilomètres.

Ce tracé ne rencontre que des cours d'eau insignifiants ; il contournera sans difficultés toutes les grandes dépressions marécageuses de la plaine alluvionnelle et ne sera jamais atteint par les eaux pendant la période des crues. Il traversera la forêt vierge ou la cotoiera dans les clairières dont elle est parsemée et conservera une horizontalité à peu près absolue jusqu'au dernier village Khouy, à partir duquel elle s'élèvera d'une vingtaine de mètres seulement pour aboutir au pied de la colline de Ph'nom-Deck. Nous n'avons pas à entrer ici dans les détails de l'avant-projet de ce petit chemin de fer, et nous nous bornerons à dire que la voie de 75 centimètres, avec un rail de 8 à 10 kilog. par mètre courant, nous paraît indiquée pour son établissement, et que l'horizontalité ainsi que la nature sableuse du sol, jointes à la facilité de trouver sur place, tout

le long du parcours, les bois nécessaires aux traverses, enfin le bas prix de la main d'œuvre indigène, permettent de considérer le chiffre de 35.000 francs, comme le maximum du coût kilométrique de l'établissement de la voie et de l'acquisition du matériel.

Il est nécessaire, d'autre part, de signaler, en terminant, le danger que présentera, pour la conservation des traverses, la présences des légions de termites qui infestent le sol des bois cambodgiens et contre l'action destructive desquels il sera peut-être utile de prendre des mesures préventives, telles que la carbonisation superficielle des bois à l'aide d'appareils soufflés dont le fonctionnement est aussi efficace qu'économique.

### c. — *Exploitation du gîte.*

Nous n'avons pas à développer ici le programme de l'exploitation éventuelle du gîte de Ph'nom-Deck. Nous nous bornerons à indiquer les facilités que procure, pour une grande exploitation à ciel ouvert, la constitution topographique et géologique du gîte.

L'installation de grands gradins, découpés dans le gîte même sur le versant sud de la montagne et reliés latéralement au pied de cette dernière par un plan incliné ou peut-être tout simplement par un couloir en planches pour la descente des minerais, résument les grands traits du système à employer pour le travail et en montrent en même temps toute la simplicité.

### d. — *Traitement métallurgique des minerais de Ph'nom-Deck.*

L'abondance et la pureté exceptionnelles des minerais de Ph'nom-Deck les destinent tout naturellement à être transformés en produits aciéreux par l'une des méthodes

rapides de la métallurgie moderne et en particulier par le procédé Bessemer. La création d'une pareille industrie dans un pays entièrement neuf présente de grandes difficultés et son succès définitif n'est pas toujours la conséquence nécessaire de la réunion de tous les éléments naturels qui sont techniquement indispensables à ce succès.

Aussi les conditions dans lesquelles pourrait s'effectuer l'établissement de l'industrie du fer au Cambodge nécessitent-elles une étude minutieuse dont les conclusions ne devront être énoncées qu'avec la plus grande réserve. L'avant-projet qui les résume et qui en est la conclusion naturelle sort, comme l'étude similaire relative aux houilles du Tong-King, du cadre de cet extrait, et nous devons nous borner à indiquer ici, sous forme d'un rapide résumé, les éléments sur lesquels repose cette conclusion.

L'importance des frais de transport, l'élévation inévitable des frais généraux et du capital de premier établissement, entraînent l'obligation rigoureuse de donner à l'usine le maximum d'importance dont elle est susceptible eu égard au placement de ses produits.

Bien que nous n'ayons pas à notre disposition la statistique exacte de la consommation du fer européen dans l'extrême Orient, nous savons que cette consommation est assez élevée, et nous sommes convaincus qu'une industrie indigène trouverait facilement, une fois la question de concurrence résolue au point de vue des prix, un placement annuel de 20.000 tonnes, tant dans notre colonie que dans les pays voisins. La Cochinchine est, en effet, entrée dans la voie de la création des chemins de fer. Celui de Saïgon à Cholen a dépassé de beaucoup les espérances de ses fondateurs et son succès a provoqué les études de voies ferrées plus étendues reliant Saïgon à Chaudoc et à Mytho, et a fait naître le projet, plus vaste encore, d'une ligne côtière de l'Annam. D'autre part, les constructions métallurgiques prennent une importance croissante dans l'Indo-Chine et

dans les colonies néerlandaises de l'archipel de la Sonde; enfin nous ne doutons pas que les Indes elles-mêmes n'absorbent également les tôles et fers de bonne qualité comme ceux qu'il serait possible d'obtenir avec les minerais de Ph'nom-Deck.

L'écoulement annuel de 20.000 tonnes d'acier Bessemer sur le marché de Saïgon, sous forme de rails, de tôles et de fer de construction, nous paraît donc parfaitement admissible, et nous le prendrons comme base de nos évaluations préventives de l'importance de l'usine à fonte et de celles de l'exploitation du gîte.

La mine devra produire à cet effet 55 à 60.000 tonnes de minerai à la teneur de 50 à 55 p. 100 de fer, qui donneront 25 à 28.000 tonnes de fonte grise à Bessemer, comprenant quelques milliers de tonnes de fonte de moulage.

La situation des usines est commandée par les questions d'approvisionnement et de personnel, et découle directement des considérations suivantes.

L'usine Bessemer, recevant la fonte du Cambodge, devra être placée, d'une part, près du charbon minéral et du marché du fer, et, de l'autre, au centre de mouvement du personnel français et des approvisionnements européens.

La ville de Saïgon, qui possède déjà l'Arsenal, réunit ces deux conditions et devra, par suite, être le siège de la fabrication de l'acier Bessemer et de son élaboration en produits marchands.

Il en est autrement de l'usine à fonte qui devra, au contraire, être placée au Cambodge même, à proximité du gîte, au sein des inépuisables forêts qui entourent la mine et qui fourniront facilement le charbon de bois nécessaire à la marche des hauts-fourneaux.

En admettant, en effet, une production de 20 tonnes seulement de charbon de bois par hectare, comme dans nos forêts d'Europe, on voit qu'une bande de forêt ayant 4 kilomètres de largeur de part et d'autre de la voie ferrée,

suffirait, avec un aménagement rationnel, pour assurer indéfiniment la marche régulière de l'usine, dont le premier approvisionnement serait fourni par le défrichement de la colline de Ph'nom-Dèck elle-même.

La castine serait fournie par les carrières de calcaire-marbre situées à 5 kilomètres du gîte de fer, et l'on trouverait également, sur le Mé-Kong, des matériaux réfractaires de qualité moyenne (sables et alluvions kaolineux).

Quant au type de l'usine, il découle naturellement de ce qui précède et se composerait de 8 hauts-fourneaux au bois, dont 5 constamment en marche, produisant chacun 15 tonnes par jour.

L'usine à Bessemer de Saïgon comprendrait un groupe de 2 convertisseurs de 10 tonnes chacun, très largement approvisionné d'appareils de rechange, et une forge complète pour l'élaboration définitive des produits. C'est également dans cette usine, à Saïgon, que seraient concentrés tous les services de direction technique et commerciale.

Dans ces conditions, nous pensons que le bas prix de la main d'œuvre indigène compenserait dans une certaine mesure l'élévation des frais du personnel européen ; un prix de revient d'environ 270 à 280 francs la tonne nous araît facile à obtenir à Saïgon.

---

# EXAMEN DE LA FLORE FOSSILE

DES

# COUCHES DE CHARBON DU TONG-KING

Par M. R. ZEILLER, ingénieur des mines.

---

Les gîtes de combustible explorés en Cochinchine par MM. Fuchs et Saladin sont, ainsi qu'ils l'ont indiqué dans leur *Mémoire* (*), ceux de Nong-Sön dans l'Annam, ceux de Ké-Bao et de Hon-Gâc au Tong-King. Les schistes noirs qu'ils ont rapportés de Nong-Sön ne renfermaient que des traces informes de débris végétaux dont il a été impossible de tirer aucun renseignement. En revanche, les couches du Tong-King leur ont fourni un grand nombre d'empreintes en bon état de conservation, qu'il a été possible de déterminer exactement et qui permettent de fixer l'âge de ces dépôts, dans lesquels il n'a été rencontré jusqu'à présent aucune trace de fossiles animaux. MM. Fuchs et Saladin ont également recueilli quelques échantillons de plantes dans les grès ferrugineux de Lang-Sân, vers la pointe nord-ouest du bassin géologique qui comprend les deux bassins particuliers de Hon-Gâc et de Ké-Bao, séparés l'un de l'autre par une arête du calcaire carbonifère sur lequel leurs couches reposent en stratification discordante.

Outre les collections rapportées par eux, j'ai pu étudier

---

(*) *Suprà*, p. 185 et suiv.

encore une belle série d'empreintes recueillies, à la demande de M. Fuchs, par M. Douzans, commandant de la canonnière *la Carabine*, sur quatre points différents du bassin de Hon-Gâc; ces empreintes, parvenues à Paris au cours de l'impression de ce travail, m'ont permis de reconnaître quelques nouvelles espèces et m'ont apporté sur plusieurs de celles que j'avais déjà entre les mains d'intéressants renseignements que je me suis empressé de mettre à profit (*).

Un fait dont j'ai été frappé à première vue, en examinant cette flore, a été la forte porportion d'espèces européennes qu'elle contenait, et que je ne m'attendais pas à rencontrer en nombre aussi considérable, sachant la place relativement restreinte que tiennent les formes déjà connues en Europe, dans la flore fossile des formations indiennes étudiées par M. Feistmantel. J'ai d'ailleurs trouvé, avec ces espèces, plusieurs types extra-européens, qui m'ont permis de comparer les couches de charbon du Tong-King avec les formations de l'Inde aussi bien qu'avec celles de l'Europe.

Je vais, du reste, passer en revue en détail les espèces que j'ai reconnues, en indiquant pour chacune d'elles les remarques paléontologiques auxquelles elle donne lieu. Sans entrer dans le détail complet de la synonymie, ce qui m'eût entraîné trop loin, il m'a paru indispensable de citer les principaux ouvrages qui m'ont servi de base pour les déterminations. J'ai cru nécessaire également, pour permettre de contrôler ces déterminations, de figurer l'une des empreintes de chaque espèce, l'identification pouvant, en l'absence de figures, laisser d'autant plus de doutes qu'on ne supposerait pas *a priori* que des dépôts formés à une aussi grande distance de l'Europe peuvent

(*) Tous les échantillons figurés sur la Pl. XII proviennent de cet envoi.

renfermer tant d'espèces si parfaitement conformes aux nôtres.

Je montrerai ensuite comment ces espèces se répartissent, suivant leur identité avec les formes européennes d'une part, et avec les formes indiennes d'autre part; et m'appuyant sur la comparaison avec ces deux groupes et sur l'âge reconnu pour les couches de l'Inde ainsi que sur leurs relations avec celles de l'Australie et de l'Afrique australe, j'indiquerai à quelle époque géologique la formation des dépôts de charbon du Tong-King me paraît devoir être rapportée.

## LISTE DES ESPÈCES RECONNUES.

### *Équisétacées.*

PHYLLOTHECA INDICA, var. *longifolia* (Pl. X, *fig.* 1, *fig.* 2, A).

**Phyllotheca indica.** Bunbury, *Quarterly Journal of the geol. Society*, t. XVII, p. 335; pl. X, *fig.* 6-9; pl. XI, *fig.* 1, 2. Feistmantel, *Palæontologia indica*, *Flora of Damuda and Panchet*, p. 67, pl. XII A, *fig.* 3-9.

Les échantillons que je représente ne me paraissent différer par aucun caractère important de l'espèce décrite par Bunbury comme provenant de Nagpur, dans l'Inde; ils se font seulement remarquer par des feuilles plus longues, atteignant 4 et 5 centimètres. Mais cette longueur plus grande provient peut-être seulement de ce que l'on a affaire ici à de grosses tiges, car on sait que, dans les Équisétacées, la longueur des feuilles est en rapport direct avec le diamètre des tiges ou des rameaux qui les portent. Sur l'échantillon *fig.* 1, la largeur de la tige atteint 3 centimètres; les articulations, distantes de 4 centimètres, sont en-

core garnies de leurs feuilles, naissant en nombre très considérable à chaque verticille.

Je n'ai vu cette espèce que d'une seule provenance, de l'île Hon-Gâc.

*Fougères.*

ASPLENITES RŒSSERTI (Pl. X, *fig.* 3, 3 A).

**Alethopteris Rœsserti.** Presl, in Sternberg, *Flora der Vorwelt*, II, p. 145, pl. XXXIII, *fig.* 14*a*, 14*b*.
**Asplenites Rœsserti.** Schenk, *Foss. Fl. der Grenzschichten*, p. 49; pl. VII, *fig.* 6, 7, 7*a*; pl. X, *fig.* 1-4.
**Cladophlebis nebbensis**, *var.* **Rœsserti.** Nathorst, *Flor. vid Höganäs och Helsingborg*, p. 42, Helsingb., pl. II, *fig.* 1-3.

J'ai observé plusieurs fragments de cette espèce dans les argiles schisteuses des mines Ha-Tou et Jauréguiberry, ainsi que dans les grès ferrugineux de Lang-Sân. Les nervures secondaires partent très obliquement de la nervure médiane de chaque pinnule, et sont tantôt une seule fois bifurquées, comme l'indiquent les figures de M. Schenk, tantôt plusieurs fois dichotomes, comme sur l'échantillon type figuré par Presl. L'*Asplenites Rœsserti*, observé sur un grand nombre de points de l'Europe dans les couches rhétiennes, a été souvent confondu avec l'*Asplenites whitbyensis* de l'oolithe inférieure, qui en diffère par sa nervation, les nervures secondaires naissant, chez ce dernier, et se divisant sous des angles beaucoup moins aigus.

TÆNIOPTERIS MAC CLELLANDI (Pl. X, *fig.* 5).

**Stangerites Mac Clellandi.** Oldham et Morris, *Palæont. indica*, *Foss. Fl. of the Rajmahal series*, p. 33, pl. XXIII.

**Angiopteridium Mac Clellandi.** Schimper, *Trait. de paléont. végét.*, I, p. 605. Feistmantel, *Palæont. indica, Fl. of the Rajmahal group*, p. 96, pl. XLVI, *fig.* 5, 6.

**Angiopteridium** cf. **Mac Clellandi.** Feistmantel, *Palæont. indica, Fl. of Damuda and Panchet*, p. 92, pl. XXI A, *fig.* 4, 7.

**Tæniopteris danæoides?** Bunbury, *Quart. Journ. geol. Soc.*, t. XVII, p. 332, pl. X, *fig.* 2; *non* Mac Clelland.

Lang-Sân. — C'est du moins à cette espèce que je crois devoir rapporter plusieurs fragments d'une fougère à pennes rubanées, dont le plus net est figuré Pl. X, *fig.* 5; mais je ne puis être sûr que ces fragments représentent des pennes détachées plutôt que des frondes entières. Ils ressemblent de tous points à l'espèce de Nagpur figurée par Bunbury sous le nom de *Tæniopteris danæoides* Mac Clell.?, et par M. Feistmantel comme *Angiopteridium* cf. *Mac Clellandi;* la seule raison donnée pour ne pas réunir formellement celle-ci à l'espèce d'Oldham est l'incertitude où l'on est, sur des échantillons fragmentaires, si l'on a affaire à des frondes entières ou à des pennes détachées. C'est ce qui a lieu aussi, comme je viens de le dire, pour l'empreinte de Lang-Sân, mais il me paraît impossible, quant à présent, de séparer les deux formes, rien ne prouvant qu'on ait affaire ici à des frondes simples.

J'ai cru devoir, en signalant cette fougère, reprendre l'ancien nom générique de *Tæniopteris*, celui d'*Angiopteridium* préjugeant, avec le genre vivant *Angiopteris*, des relations qui ne sont pas sûrement démontrées, puisque l'espèce même qui avait servi de type à l'établissement du genre *Angiopteridium* à cause de sa ressemblance avec les *Angiopteris*, le *T. Münsteri* Gœppert, est considérée maintenant par plusieurs botanistes comme beaucoup plus voisine du genre *Marattia*.

TÆNIOPTERIS SPATULATA (Pl. X, *fig.* 6, 6 A, 8).

**Tæniopteris spatulata.** Mac Clelland, *Geol. Surv. Report India*, 1848-49, pl. XVI, *fig.* 1.
**Stangerites spatulata.** Oldham et Morris, *Palæont. indica, Foss. Fl. of the Rajmahal series*, p. 34, pl. VI, *fig.* 1-7.
**Angiopteridium spatulatum.** Schimper, *Trait. de paléont. végét.*, I, p. 605. Feistmantel, *Palæont. indica, Foss. Fl. of the Gondwana syst.*, I, part. 3, p. 10, pl. I, *fig.* 6*b*, 7*b*; part. 4, p. 16, pl. I, *fig.* 8-13, 17, 18, pl. II, *fig.* 3, 5, 6, pl. XV, *fig.* 11. *Records of the Geol. Surv. of India*, t. XIV, p. 150, pl. I, *fig.* 3.
(?) *An* **Tæniopteris Daintreei.** Mac Coy, *Prodr. Pal. Victoria, Dec.* II, p. 15, pl. XIV, *fig.* 1, 2. Feistmantel, *Palæontol. Beitr.*, III, *Flor. d. östl. Australiens*, pl. XIV, *fig.* 2, 3; *non* Carruthers.

Monticule sur la rive gauche de la rivière en aval de Claireville, Hon-Gâc. Ké-Bao. — Les échantillons que je figure sous ce nom ne semblent pas, au premier abord, appartenir tous à la même espèce, et bien que les figures que je viens de citer paraissent montrer souvent des transitions entre ces deux types extrêmes, je ne serais pas surpris qu'il y eût, en réalité, deux espèces distinctes confondues sous un nom unique. Les petites folioles, *fig.* 8, Pl. X, de Hon-Gâc, comme celles du monticule en aval de Claireville, avec leur surface gaufrée transversalement de manière à rappeler le genre *Nilssonia*, se rapportent bien exactement aux formes étroites du *T. spatulata*, telles qu'elles ont été figurées par Oldham et Morris, *l. c.*, *fig.* 1, 2 et 5, et par M. Feistmantel, *l. c.*, part. 4, pl. I, *fig.* 8-13 et 18, pl. II, *fig.* 3, et pl. XV, *fig.* 11 : en examinant attentivement ces échantillons du Tong-King, j'y ai reconnu les nervures tantôt sim-

ples, tantôt bifurquées, de cette espèce, cette bifurcation des nervures excluant d'ailleurs le genre *Nilssonia*, dont les nervures sont toujours simples. On remarque sur l'échantillon *fig.* 8, Pl. X, deux folioles encore enroulées en crosse à leur sommet.

Le *T. Daintreei* M'Coy, des couches secondaires de Victoria (Australie), ressemble aussi d'une façon frappante à cette espèce, et je serais porté à les croire identiques. M. Feistmantel les rapproche lui-même l'une de l'autre (*), en indiquant, comme seul caractère distinctif, des nervures plus épaisses et plus raides dans l'espèce d'Australie.

L'autre forme, de Ké-Bao et de Hon-Gâc, représentée *fig.* 6, 6 A, Pl. X, correspond au contraire au *T. spatulata* var. *multinervis*, tel que le montre la *fig.* 7 d'Oldham et Morris. Les figures de M. Feistmantel, *l. c.*, part. 3, pl. I, *fig.* 6 *b*, 7 *b*; part. 4, pl. I, *fig.* 17, et *Records* 1881, pl. I, *fig.* 3, se rapportent bien à cette forme, dans laquelle les nervures, plus serrées, se divisent dès leur origine en deux branches habituellement simples. Sur l'échantillon de Ké-Bao, on remarque en outre entre deux nervures consécutives une fine ligne qui les suit parallèlement et qui semble formée de ponctuations très rapprochées. Cette fausse nervure rappelle celle qui a été figurée par M. d'Ettingshausen dans son *T. Haidingeri* (**), espèce qui se distingue, du reste, de celle dont je parle par ses nervures secondaires beaucoup plus arquées à la base et toujours simples.

J'ai trouvé également, dans les schistes de Ké-Bao, des fragments de *Tæniopteris* appartenant à des bases de feuilles, à limbe brusquement contracté en un pétiole épais de près d'un centimètre (Pl. X, *fig.* 9 et 10); la

(*) Feistmantel, *Foss. Fl. of the Gondwana system*, I, part. 4, p. 17.

(**) C. v. Ettingshausen, *Haidinger's Abhandl.*, t. IV, p. 98, pl. XIII, *fig.* 1.

nervation n'en est malheureusement pas très nette. Autant qu'on peut la distinguer, elle semble la même que celle de l'échantillon *fig.* 6, 6 A. Si elles appartiennent réellement à la même espèce, il faudrait séparer le *T. spatulata* var. *multinervis* des formes étroites décrites sous le même nom, car alors cette fougère se distinguerait positivement par sa fronde simple, non atténuée vers la base. Mais, en l'absence de renseignements suffisants, je n'ai pas cru devoir créer un nom nouveau, malgré la probabilité assez grande qu'il me semble y avoir pour séparer ces deux formes. La découverte d'échantillons plus complets, soit dans l'Inde, soit au Tong-King, permettra peut-être un jour de trancher définitivement la question. Il ne serait pas impossible non plus que les fragments *fig.* 9 et 10 appartinssent au *Macrotæniopteris Feddeni* Feist.

TÆNIOPTERIS ENSIS (Pl. XII, *fig.* 2).

**Stangerites ensis.** Oldham et Morris, *Palæont. indica, Foss. Fl. of the Rajmahal series*, p. 35, pl. VI, *fig.* 8, 9, 10.

**Angiopteridium ensis.** Schimper, *Trait. de paléont. végét.*, I, p. 606. Feistmantel, *Palæont. indica, Foss. Fl. of the Gondwana syst.*, I, part. 2, p. 97 ; part. 3, p. 11, pl. I, *fig.* 6 *a*, 7 *a*.

Hon-Gâc. — Bien que l'échantillon que je figure soit bien fragmentaire, il se rapporte si exactement, par la disposition caractéristique de ses nervures, au *Stangerites ensis*, que je ne puis hésiter sur l'identification, me bornant seulement, comme pour le *Tæniopteris M'Clellandi* et pour les raisons que j'ai indiquées, à changer le nom générique.

### Macrotæniopteris Feddeni (Pl. XII, *fig.* 1).

**Macrotæniopteris Feddeni.** Feistmantel, *Records of the Geol. Surv. of India*, t. IX, p. 137. *Palæont. indica, Fl. of Damuda and Panchet*, p. 89, pl. XXI A, *fig.* 3, 3*a*; pl. XXII A, *fig.* 1-4.

Monticule rive gauche en aval de Claireville, Hon-Gâc. — La *fig.* 1, Pl. XII, représente le meilleur échantillon que j'aie vu de cette espèce; il me paraît identique par sa taille, par l'écartement relatif et le mode de division des nervures, à l'espèce indienne créée par M. Feistmantel. On voit parfois, sur un même échantillon, le rachis présenter tantôt des stries longitudinales, tantôt des cannelures transversales semblables à celles des fragments représentés Pl. X, *fig.* 9 et 10; ceux-ci ont d'ailleurs des nervures assez serrées, de sorte qu'il ne serait pas impossible qu'ils dussent être rapportés à cette espèce, malgré la moindre largeur du limbe; peut-être représentent-ils des frondes jeunes; en tout cas les caractères n'en sont pas assez nets pour permettre une détermination positive.

### Palæovittaria Kurzi (Pl. XI, *fig.* 3, 3 A.)

**Palæovittaria Kurzi.** Feistmantel, *Journ. of the Asiat. Society of Bengal*, t. XLV, part. 2, p. 368, pl. XIX, *fig.* 3, 4. *Palæont. indica, Fl. of Damuda and Panchet*, p. 91, pl. XLIV A.

Ké-Bao. — L'échantillon que je figure ne représente qu'un fragment de fronde, qui, par l'absence de nervure médiane et par la disposition des nervures secondaires, rappelle le genre *Gangamopteris* et notamment le *G. cyclopteroïdes* Feist.; mais un examen attentif montre que les

nervures ne présentent pas les anastomoses caractéristiques de ce genre : elles restent indépendantes les unes des autres; elles sont d'ailleurs tantôt simples, tantôt bifurquées. La nervation, comme la forme même de la feuille, autant du moins qu'on peut juger de celle-ci, se rapporte si bien au *Palæovittaria Kurzi* que je ne puis avoir de doute sur l'identification. L'échantillon que je figure est d'ailleurs le seul que j'aie observé dans la collection recueillie au Tong-King par MM. Fuchs et Saladin.

Cette espèce ressemble beaucoup au *Zamiopteris glossopteroïdes* Schmalh. (*) du jurassique de l'Altaï, et je crois que le nom de *Zamiopteris*, plus récent que celui de *Palæovittaria*, ne pourra être conservé, les deux genres me paraissant n'en faire qu'un. Il est intéressant de voir ce type générique paraître à côté du genre *Phyllotheca* vers le sommet du trias de l'Inde, et se continuer avec lui dans les couches oolithiques de la Sibérie. On a, du reste, fait remarquer souvent la grande analogie de plusieurs des formes végétales de l'oolithe avec celles des couches rhétiennes ou infraliasiques.

WOODWARDITES MICROLOBUS (Pl. XII, *fig.* 3, 3A, 3B, *fig.* 4).

**Woodwardites microlobus.** Schenk, *Foss. Fl. der Grenzschichten*, p. 68, pl. XIII, *fig.* 11-13.

Mine Jauréguiberry. — J'ai observé plusieurs échantillons très nets de cette espèce dans la série d'empreintes récemment envoyée par M. Douzans. Les caractères en sont si précis qu'ils ne permettent aucun doute sur l'identification. L'une des frondes de l'échantillon *fig.* 3, partiellement reproduite *fig.* 3B, montre de la façon la plus

(*) Schmalhausen, *Beiträge zur Jura-Flora Russlands*, p. 80, pl. XIV, *fig.* 1-3.

nette la décurrence des pennes sur le rachis, qui se trouve bordé d'une aile continue et porte directement des pinnules simples intercalées entre les pennes; on voit sur l'échantillon *fig.* 4 que cette pinnule indépendante disparaît lorsque les pennes sont plus rapprochées.

Bien que plusieurs de ces empreintes offrent la face inférieure des feuilles, divisée par la saillie des nervures en compartiments fortement déprimés, je n'ai pu observer sur aucune d'entre elles de trace de fructifications, de sorte qu'il reste incertain, malgré la frappante ressemblance de la nervation, si cette espèce rentre ou non dans le genre vivant *Woodwardia;* elle me paraît avoir une grande analogie avec le *W. virginica* Sm., dans lequel il n'y a également, le long de la nervure médiane de chaque pinnule, qu'une seule série d'aréoles. Quant à la décurrence des frondes, elle s'observe chez les *W. angustifolia* Sm., et *W. dives* Mett., auxquels M. Schenk a comparé son *W. microlobus*; mais aucune de ces deux espèces ne porte de pinnules simples attachées directement sur le rachis.

POLYPODITES FUCHSI *n. sp.* (Pl. IV, *fig.* 4, 4 A; Pl. XII, *fig.* 6).

Fronde ou penne profondément pinnatifide, divisée en segments parallèles, longs de 25 à 45 millimètres, larges de 6 à 8 millimètres, espacés de 6 à 10 millimètres, partant du rachis sous un angle de 60 à 90°, à peine atténués vers le sommet, obtus à l'extrémité. Nervure médiane de chaque segment très forte, se prolongeant jusqu'au sommet, émettant, sous des angles très ouverts, des nervures secondaires tantôt simples, tantôt bifurquées, qui se suivent assez nettement jusqu'au bord, et desquelles partent des rameaux dont les anastomoses forment un réseau à mailles polygonales de plus en plus fines, les dernières ramifications se terminant dans les dernières aréoles en nervilles libres épaissies à l'extrémité.

Ce caractère de la nervation est celui des *Polypodium* du sous-genre *Phymatodes*, représenté, dans la flore vivante, par un grand nombre d'espèces, avec cette différence seulement que dans celles-ci les aréoles sont généralement plus grandes. C'est d'ailleurs de ce même groupe que paraît se rapprocher, du moins comme nervation, le genre *Dictyophyllum*, dont je vais avoir à signaler plusieurs espèces. On peut constater en effet sur les empreintes de *Dictyophyllum* bien conservées, comme le sont plusieurs échantillons de *D. Nilssoni* de Pålsjö que j'ai pu examiner, que les extrémités les plus fines du système vasculaire se terminent en nervilles libres dans les dernières aréoles; l'une des figures de M. Schenk (*) le montre, d'ailleurs, assez nettement. Je n'ai pas cru cependant, malgré ce caractère commun, et bien qu'elle ait quelque analogie avec le *D. Dunkeri* Nath. (**) et avec le *D. obsoletum* Nath. (***), devoir placer l'espèce que je représente Pl. IV, *fig.* 4, et Pl. XII, *fig.* 6, dans le genre *Dictyophyllum*, les nervures secondaires atteignant directement le bord des segments, sans former le long de la nervure médiane la série de grandes aréoles polygonales qui caractérise ce genre; en outre, je ne pouvais savoir, les fragments que j'avais sous les yeux étant trop peu complets, si j'avais affaire à une portion d'une fronde régulièrement pinnée, ou bien à une portion d'un segment principal d'une fronde digitée, comme le sont celles des *Dictyophyllum;* jusqu'à plus ample informé, la ressemblance avec les *Phymatodes* vivants m'a paru assez grande pour légitimer l'emploi du nom de *Polypodites*, qui indique l'affinité sans préjuger une identité générique que je ne saurais affirmer. — Lang-Sân. Monticule rive gauche en avant de Claireville, Ha-Tou.

---

(*) Schenk, *Foss. Fl. d. Grenzschichten*, pl. XIX, *fig.* 6*a*.

(**) Nathorst, *Floran vid Höganäs och Helsingborg*, p. 45, Höganäs yngre, pl. I, *fig.* 17.

(***) Nathorst, *Floran vid Bjuf*, p. 39, pl. VIII, *fig.* 4.

DICTYOPHYLLUM ACUTILOBUM (Pl. X, *fig.* 11).

**Diplodictyon acutilobum.** F. Braun, *Flora* 1847, p. 83.

**Dictyophyllum acutilobum.** Schenk, *Foss. Fl. der Grenzschichten*, p. 77, pl. XIX, *fig.* 2-5; pl. XX, *fig.* 1. Nathorst, *Flor. vid Bjuf*, p. 38, pl. XI, *fig.* 1; *Flor. vid Höganäs och Helsingborg*, p. 14, 44; Höganäs, pl. I, *fig.* 10-13; Helsingb., pl. I, *fig.* 6-10.

Cette espèce, commune dans les couches rhétiennes de plusieurs localités européennes, est nettement représentée dans le bassin de Hon-Gâc, au monticule rive gauche en aval de Claireville, à l'île Hon-Gâc, à Claireville, et aux mines Ha-Tou et Jauréguiberry.

DICTYOPHYLLUM NILSSONI (Pl. X, *fig.* 7).

Sternberg, *Flore du monde prim.*, I, fasc. 4, p. 44, pl. XLII, *fig.* 2.

**Phlebopteris Nilssoni.** Brongniart, *Hist. d. végét. foss.*, I, p. 376, pl. CXXXII, *fig.* 2.

**Camptopteris Nilssoni.** Germar, *Palæontogr.*, I, p. 119, pl. XIV, *fig.* 1-3.

**Dictyophyllum Nilssoni.** Schenk, *Foss. Fl. der Grenzschichten*, p. 79, 80, pl. XIX, *fig.* 6, 7. Nathorst, *Bidrag till Sverig. foss. flora*, p. 25, pl. I, *fig.* 14; pl. IV, *fig.* 6-8; pl. V; pl. VI, *fig.* 2-3; pl. VII.

Ké-Bao. — Je n'ai vu de cette espèce que le fragment que je figure et une autre empreinte un peu moins nette au dos du même échantillon; je n'hésite pas cependant à les identifier avec le *D. Nilssoni*; la taille est, il est vrai, notablement plus considérable que celle des échantillons

de Pålsjö figurés par M. Nathorst; mais ceux qu'ont figurés Sternberg, Germar et Schenk ont des dimensions tout aussi grandes; quant aux crénelures que les lobes présentent sur leurs bords, bien qu'elles ne soient indiquées sur aucune des figures précitées, sauf un peu sur celle de Sternberg, elles ne peuvent être un obstacle à l'identification, car j'ai constaté l'existence de ces crénelures de la façon la plus nette sur plusieurs beaux échantillons de *D. Nilssoni* de Pålsjö, envoyés à l'École des mines par M. Nathorst.

RHIZOMOPTERIS *sp.*

Sur l'un des échantillons de la mine Ha-Tou, j'ai remarqué un petit fragment de *Rhizomopteris* à surface chagrinée, portant des cicatrices arrondies, de 3 à 4 millim. de diamètre, munies d'une cicatrice vasculaire en forme de fer à cheval, à extrémités fortement infléchies vers l'intérieur. On distingue trois de ces cicatrices disposées en série rectiligne, comme dans les *Rhizomopteris* de Pålsjö et de Bjuf, que M. Nathorst regarde comme des rhizômes de *Dictyophyllum*.

CLATHROPTERIS PLATYPHYLLA (Pl. X, *fig.* 12, 13; Pl. XII, *fig.* 5).

**Camptopteris platyphylla.** Gœppert, *Genres d. plantes foss.*, livr. 5-6, pl. XVIII-XIX.

**Clathropteris platyphylla.** Brongniart, *Tabl. d. genr. d. végét. foss.*, p. 32. Schenk, *Foss. Fl. d. Grenzschichten*, p. 81, pl. XVI, *fig.* 2-9; pl. XVII. Saporta, *Plantes jurassiques*, I, p. 333; pl. XXXVI, *fig.* 1; pl. XXXVII; pl. XXXVIII; pl. XXXIX; pl. XL, *fig.* 1. Nathorst, *Flor. vid Bjuf*, p. 41, pl. V, *fig.* 6; pl. VII, *fig.* 2. *Flor. vid Höganäs och Helsingborg*, p. 15; Höganäs äldre, pl. II, *fig.* 4-5; Höganäs yngre, pl. II, *fig.* 2.

**Clathropteris meniscioides.** Brongniart, *Hist. d.*

*végét. foss.*, I, p. 380, pl. CXXXIV, *fig.* 3 (excl. *fig.* 1, 2). Germar, *Palæontogr.*, I, p. 117, pl. XVI. Brauns, *Palæontogr.*, IX, p. 52, pl. XIII, *fig.* 9, 10.

**Camptopteris Münsteriana.** Presl, in Sternberg, *Fl. d. Vorw.*, II, p. 168, pl. XXXIII, *fig.* 9. Gœppert, *Münster's Beiträge*, VI, p. 87, pl. III.

**Camptopteris fagifolia.** Brauns, *Palæontogr.*, IX, p. 55, pl. XIV, *fig.* 3*a-d*.

**Camptopteris planifolia.** Brauns, *Palæontogr.*, IX, p. 55, pl. XIV, *fig.* 2*a-b*.

Monticule rive gauche en aval de Claireville, Hon-Gâc, mine Jauréguiberry, mine Henriette. Ké-Bao. — Cette espèce, trouvée en Europe, sans exception pour ainsi dire, dans toutes les localités où l'on connaît l'étage rhétien, présente par cela même une assez grande importance pour que je croie nécessaire d'insister sur sa détermination, les deux principaux échantillons que je figure différant un peu du type normal. Habituellement, en effet, chez le *Clathropteris platyphylla*, les nervures secondaires, partant normalement des nervures primaires, forment un réseau régulier à mailles rectangulaires ou presque rectangulaires semblable à celui qu'on observe, parmi les fougères vivantes, chez quelques *Polypodium*, notamment dans le sous-genre *Dipteris*. Il en est ainsi sur quelques points de l'échantillon *fig.* 13, Pl. X, par exemple vers le milieu de sa hauteur, à droite du rachis principal; mais sur d'autres, et dans tout le fragment *fig.* 12, les nervures secondaires affectent la forme de lignes brisées, et donnent naissance, par leurs anastomoses mutuelles, à un réseau à mailles polygonales qui, à première vue, rappelle plutôt le genre *Dictyophyllum* que le genre *Clathropteris*; mais ce mode de nervation est précisément celui du *Camptopteris fagifolia* Brauns, que tous les auteurs ont réuni, sans hésitation, au *Clathropteris platyphylla*. On observe en effet

souvent chez ce dernier, et dans les échantillons les mieux caractérisés, des portions de fronde où les nervures secondaires perdent leur forme rectiligne et leur allure régulière pour former des aréoles polygonales, ainsi que le montrent sur quelques points les *fig.* 4 et 6, pl. XVI, de M. Schenk, les *fig.* 3 et 4, pl. XXXVIII, et 1 et 1*a*, pl. XXXIX, de M. de Saporta, et surtout la *fig.* 2, pl. VII, de la *Flore de Bjuf* de M. Nathorst. C'est fréquent surtout au voisinage du point de réunion des segments principaux de la fronde, et il est possible que le fragment représenté *fig.* 12, Pl. X, sur lequel on remarque vers le bas quelques défauts de parallélisme entre les nervures principales, appartienne à la portion inférieure d'un segment primaire. La portion supérieure de cet échantillon présente d'ailleurs très exactement le mode de découpure des segments du *Clathropteris platyphylla.*

Je n'hésite donc pas à attribuer à cette espèce les deux échantillons figurés, en les rapportant, non pas au type normal, mais à la variété, ou pour mieux dire à la forme décrite par Brauns comme *Camptopteris fagifolia,* et qui paraît être beaucoup plus abondante au Tong-King que le type normal : un grand échantillon, offrant l'empreinte d'un segment de plus de 20 centimètres de longueur, récemment envoyé par M. Douzans, présente sur toute son étendue les mêmes variations, c'est-à-dire tantôt les mailles rectangulaires caractéristiques, tantôt les mailles polygonales qu'indiquent les figures 12 et 13 de la Pl. X.

J'ai d'ailleurs observé, parmi les échantillons rapportés du Tong-King par M. Fuchs ou envoyés par M. Douzans, de petits fragments de la même fougère, tel que celui qui est représenté Pl. XII, *fig.* 5, offrant nettement les mailles égulières qui caractérisent la forme normale.

GLOSSOPTERIS BROWNIANA (Pl. XI, *fig.* 1, 1A)

**Glossopteris Browniana** var. **australasica**. Brongniart, *Hist. d. végét. foss.*, I, p. 223, pl. LXII, *fig.* 1, Bunbury, *Quart. Journ. geol. Soc.*, t. XVII, p. 329, pl. VIII, *fig.* 5.

**Glossopteris Browniana**. Tate, *Quart. Journ. geol. Soc.*, t. XXIII, p. 140, pl. VI, *fig.* 7*a*, *b*; an *fig.* 5*a*, *b*? Feistmantel, *Palæontol. Beitr.*, III, p. 90, 154; pl. VIII, *fig.* 3, 3*a*, 4; pl. X, *fig.* 1, 1*a*, 3, 4?, 4*a*, 5, 5*a*, 7; pl. XI, *fig.* 1; pl. XXVI, *fig.* 1. *Palæont. indica*, *Flora of Damuda and Panchet*, p. 102; pl. XXVI A, *fig.* 2; pl. XXVII A, *fig.* 2, 4; pl. XXIX A, *fig.* 1, 2, 3, 6, 8; pl. XXXIII A, *fig.* 5; pl. XXXIV A, *fig.* 1?; pl. XL A, *fig.* 5.

Ké-Bao. — L'échantillon que je représente me paraît, parmi la nombreuse série d'espèces aujourd'hui créées dans ce genre, identique au type de Brongniart, qui caractérise les couches de charbon de la Nouvelle-Galles du Sud et qui a été retrouvé sur un grand nombre de points de l'Inde, ainsi que dans les couches de Karoo, au sud de l'Afrique (*).

Cependant il y aurait peut-être, malgré l'impossibilité de distinguer entre elles les frondes stériles de ces diverses provenances, deux plantes différentes confondues sous ce même nom. M. Carruthers a observé, en effet (**), sur un échantillon de *G. Browniana* de Queensland, des traces de fructifications affectant la forme de sores linéaires disposés le long des nervules, entre la nervure médiane et le bord de la feuille, un peu plus près du bord que de la nervure. Au contraire, dans le *G. Browniana* de l'Inde, M. Feistmantel a constaté l'existence de sores arrondis

(*) Tate, *Quarterly Journal of the geol. Soc.*, t. XXIII, p. 140.

(**) Carruthers, *Notes on fossil plants from Queensland. Quarterly Journal of the geol. Soc.*, t. XXVIII, p. 354.

rangés en files longitudinales parallèles de part et d'autre de la nervure médiane (*). Dans l'un ni dans l'autre cas on n'a pu reconnaître l'organisation des sporanges; mais si les traces observées sont bien, comme il paraît difficile d'en douter, celles de fructifications, il y aurait lieu de séparer, même génériquement, ces deux groupes de plantes, le *G. Browniana* de l'Australie pouvant être rapproché du genre vivant *Antrophyum*, et celui de l'Inde du genre *Polypodium*. Il convient d'ajouter qu'une autre espèce du même genre, le *G. angustifolia*, semble, mais d'une façon beaucoup plus douteuse, avoir possédé des fructifications marginales formant un ourlet continu sur le bord du limbe, comme celles des *Pteris* (**).

Malheureusement ces indications ne sont pas assez précises pour qu'on puisse se prononcer définitivement et décider si le genre *Glossopteris* comprend ou non plusieurs groupes distincts par leur mode de fructification. Ses affinités et sa place dans la famille des Fougères restent donc encore problématiques; mais il est établi du moins qu'il diffère positivement, par ses frondes simples (***), du genre *Sagenopteris*, dont plusieurs auteurs l'avaient rapproché à cause de la ressemblance de leur nervation.

---

(*) Feistmantel, *Palæontologia indica, Flora of the Damuda and Panchet divisions*, p. 97, pl. XXVI A, *fig.* 2; pl. XXVII A, *fig.* 2. Deux autres espèces, le *G. communis* et le *G. indica*, présentent le même mode de fructification, c'est-à-dire des sores arrondis rangés en séries longitudinales (*loc. cit.*, pl. XXVI A, *fig.* 1, 3, 4, et pl. XXVII A, *fig.* 1, 5).

(**) Feistmantel, *loc. cit.*, p. 97, pl. XXXIX A, *fig.* 1, 2.

(***) Voir notamment le *Glossopteris longicaulis*. Feistmantel, *Palæontologia indica, Flora of the Talchir-Karharbaribeds*, p. 53, pl. XXXI, *fig.* 1, 3.

## *Cycadées.*

PTEROPHYLLUM ÆQUALE (Pl. XI, *fig.* 12).

**Nilssonia æqualis.** Brongniart, *Ann. d. sc. nat.*, 1re série, t. IV, p. 219, pl. XII, *fig.* 6.
**Pterophyllum æquale.** Nathorst, *Flor. vid Höganäs och Helsingborg*, p. 18, 48; Höganäs äldre, pl. II, *fig.* 13; Höganäs yngre, pl. II, *fig.* 8-11. *Flor. vid Bjuf*, p. 67, pl. XV, *fig.* 6-10. Schenk, in Richthofen, *China*, IV, p. 247, pl. XLVIII, *fig.* 7.

Hon-Gâc, Ha-Tou. — Les échantillons que j'ai sous les yeux me paraissent se rapporter exactement à cette espèce, signalée seulement jusqu'ici en Scanie, par M. Brongniart d'abord dans les grès de Hœr, puis par M. Nathorst à Hœganæs et à Bjuf, et tout récemment en Chine par M. Schenk.

PTEROZAMITES MÜNSTERI (Pl. IV, *fig.* 2, B; Pl. V, *fig.* 11).

**Zamites Münsteri.** Presl, in Sternberg, *Fl. d. Vorw.*, II, p. 199, pl. XLIII, *fig.* 1, 3.
**Pterophyllum Münsteri.** Gœppert, *Jahresb. d. schles. Gesellsch. für* 1843, p. 135. Schenk, *Foss. Fl. d. Grenzschichten*, p. 167, pl. XXXIX, *fig.* 1-3, 9.
**Pterozamites Münsteri.** Schimper, *Trait. de paléont. végét.*, II, p. 145.

Monticule rive gauche en aval de Claireville, Hon-Gâc, Claireville. Ké-Bao. — Les échantillons que je rapporte à cette espèce varient assez notablement dans leurs dimensions, surtout en ce qui regarde la largeur des segments, qui est tantôt de 4 millimètres seulement, tantôt de 8 ou 9 millimètres; mais ces différences de taille se

montrent tout aussi marquées sur les figures de Sternberg et davantage encore sur celles de M. Schenk. La forme et la disposition des segments sont, du reste, toujours les mêmes et bien caractéristiques.

ANOMOZAMITES INCONSTANS (Pl. IX, *fig.* 4, 4A, 5, 6, 7).

**Ctenis inconstans.** Braun, *Münster's Beiträge*, VI, p. 41, pl. XI, *fig.* 6, 7.

**Pterophyllum inconstans.** Gœppert, *Jahresb. d. schles. Gesellsch. für* 1843, p. 136. Schenk, *Foss. Fl. d. Grenzschichten*, p. 171, pl. XXXVII, *fig.* 5-9.

**Anomozamites inconstans.** Schimper, *Trait. d. paléont. végét.*, II, p. 140.

Mines Ha-Tou et Jauréguiberry. — Je figure plusieurs fragments de cette espèce, qui montrent bien les variations de forme de la fronde, tantôt à bord entier, tantôt divisée en segments presque réguliers. Ces variations me paraissent de nature à faire rapporter ces échantillons à l'*Anomozamites inconstans* plutôt qu'à l'*A. minor* (Brongniart) Nathorst, dont la fronde paraît beaucoup plus régulièrement partagée en segments à peu près égaux. D'après la figure de Braun, l'*A. inconstans* aurait des nervures toutes simples; d'après celles de M. Schenk, les nervures seraient bifurquées dès la base, mais les rameaux resteraient simples. On voit sur la *fig.* 4A, Pl. XI, que, dans cet échantillon de Ha-Tou, les rameaux sont eux-mêmes dichotomes; mais je crois que ce caractère n'est pas de nature à autoriser un changement spécifique : je ne l'ai constaté que sur les fragments les mieux conservés, les autres paraissant munis de nervures simples, comme sur la figure de Braun, et j'ai lieu de croire qu'on retrouverait cette seconde bifurcation des nervures sur de bons exemplaires de l'*A. inconstans*, comme on l'observe sur

l'*A. minor*, ainsi qu'en témoignent les figures données par M. Nathorst (*).

NILSSONIA POLYMORPHA (Pl. XI, *fig.* 15, 16).

**Nilssonia polymorpha.** Schenk, *Foss. Fl. d. Grenzschichten*, p. 127, pl. XXIX; pl. XXX, *fig.* 1-5; pl. XXXI, *fig.* 1*a*, *b*, *c*. Nathorst, *Bidrag till Sverig. foss. flora*, p. 40, pl. VIII, *fig.* 2-15; pl. IX; pl. X; pl. XI. *Flor. vid Höganäs och Helsingborg*, p. 17, pl. II, *fig.* 6, 7. *Flor. vid Bjuf*, p. 72, pl. XV, *fig.* 3-5.

Hon-Gâc, Ha-Tou, mine Jauréguiberry. Ké-Bao. — Cette espèce, qui paraît très abondante à Ké-Bao, s'y présente surtout sous la forme de frondes simples, plutôt que lacérées en segments irréguliers. Les nervures sont séparées par des cannelures parallèles qui donnent aux feuilles un aspect gaufré caractéristique, et qui correspondent, ainsi que j'ai pu le constater sur des préparations d'épidermes de cette plante provenant de Pâlsjö, à des sortes de rigoles creusées dans le parenchyme sous la face inférieure de la feuille, et au fond desquelles sont logés les stomates. A son point de départ, contre la ligne médiane de la feuille correspondant au rachis, cette rigole présente un enfoncement plus marqué, une sorte de fossette, dont le moulage donne naissance sur l'empreinte aux tubercules que l'on peut voir sur la *fig.* 16, Pl. XI, à droite de la ligne médiane, et que M. Nathorst avait déjà signalés (**).

OTOZAMITES RARINERVIS (Pl. XII, *fig.* 7, 7 A, 7 B.)

**Otozamites rarinervis.** Feistmantel, *Foss. Fl. of the*

---

(*) Nathorst, *Floran vid Bjuf*, pl. XIV, *fig.* 6, 8 et 9.
(**) Nathorst, *Bidrag till Sveriges fossila Flora*, pl. VIII, *fig.* 8.

*Gondwana syst.*, I, part. 4, p. 21, pl. VIII, *fig.* 8-11; pl. IX, *fig.* 6, 6*a*.

Mine Jauréguiberry. — Le petit nombre des nervures de l'échantillon que je reproduis Pl. XII, *fig.* 7, le seul que j'aie observé dans les empreintes du Tong-King, est si caractéristique que, bien qu'il soit légèrement supérieur à celui qu'indiquent la diagnose et les figures données par M. Feistmantel pour son *Ot. rarinervis*, je ne puis identifier cet échantillon à aucune autre espèce. Je crois donc devoir le rapporter à celle-ci, avec laquelle il concorde bien, du reste, par la forme et la disposition de ses folioles.

PODOZAMITES DISTANS (Pl. XI, *fig.* 2).

**Zamites distans.** Presl, in Sternberg. *Fl. d. Vorw.*, II, p. 196, pl. XLI, *fig.* 1. Schenk, *Foss. Fl. d. Grenzschichten*, p. 159, pl. XXXV, *fig.* 10; pl. XXXVI.
**Podozamites distans.** Braun, *Münster's Beiträge*, VI, p. 36. Nathorst, *Bidrag till Sverig. foss. flora*, p. 50, pl. XIII, *fig.* 6-16; pl. XV, *fig.* 20.
**Podozamites lanceolatus distans.** Nathorst, *Flor. vid Bjuf*, p. 73, 75, pl. XVI, *fig.* 4-9.

Monticule rive gauche en aval de Claireville, Hon-Gâc. — Je n'ai vu, parmi les empreintes du Tong-King, que deux folioles détachées de cette espèce, parfaitement semblables du reste à celles qui ont été rencontrées dans les couches rhétiennes de l'Europe et du Chili.

NŒGGERATHIOPSIS HISLOPI (Pl. XI, *fig.* 10B, 13; Pl. XII, *fig.* 11).

**Nœggerathia Hislopii.** Bunbury, *Quart. Journ. geol. Soc.*, t. XVII, p. 334, pl. X, *fig.* 5.

**Nœggerathiopsis Hislopi.** Feistmantel, *Palæont. indica, Fl. of Talchir*, p. 23, 58; pl. XIX, *fig.* 1-6; pl. XX, *fig.* 1, 1 *a*; pl. XXVIII, *fig.* 1-7; pl. XXIX, *fig.* 1-4; pl. XXX, *fig.* 5-9; *Fl. of Damuda and Panchet*, p. 118; pl. XLVA, *fig.* 1-11; pl. XLVIA, *fig.* 3.

Monticule rive gauche en aval de Claireville, Hon-Gâc, mines Ha-Tou et Jauréguiberry. Ké-Bao. — Bien que j'aie observé, parmi les échantillons recueillis par M. Fuchs, de nombreux fragments de feuilles, tels que ceux que je représente Pl. XI, *fig.* 10 B et *fig.* 13, je n'en avais trouvé aucun présentant la terminaison supérieure, et je n'avais pu m'assurer si, par leur forme générale, ces feuilles étaient réellement identiques avec l'espèce figurée par M. Feistmantel; cependant la forme atténuée vers la base et la nervation m'avaient paru se rapporter assez exactement aux figures qu'il donne, et plus particulièrement aux *fig.* 5, pl. XIX, et *fig.* 2, pl. XXVIII, représentant des feuilles étroites, pour donner à cette détermination une certitude à peu près complète. Les échantillons envoyés par M. Douzans ont confirmé cette première appréciation et m'ont fourni, entre autres, une feuille complète (Pl. XII, *fig.* 11) qui correspond bien à la forme étroite du *Nœggerathiopsis Hislopi.*

M. Feistmantel fait remarquer les affinités de son genre *Nœggerathiopsis* avec les *Rhiptozamites* de Schmalhausen, que leur auteur considère comme des folioles détachées de frondes pinnées, et rapproche, en conséquence, des *Podozamites.* Mais jusqu'ici aucun échantillon, parmi ceux du moins qui ont été figurés, ne prouve d'une façon formelle que l'on n'a pas affaire plutôt à des feuilles simples, détachées de rameaux sur lesquels elles auraient été disposées en spirale, comme les feuilles de *Cordaïtes*, avec lesquelles elles ont une analogie tout aussi marquée; leur largeur assez grande à la base me semble beaucoup plus compatible

avec cette manière de voir qu'avec l'hypothèse de frondes pinnées rappelant les *Podozamites*.

Ce qui me paraît donner plus de poids encore à cette idée, c'est la présence, dans les schistes de Hon-Gâc et de Ké-Bao, d'empreintes correspondant à de petits fragments de rameaux, et portant des cicatrices foliaires très analogues à celles des *Cordaicladus*, marquées chacune de plusieurs cicatricules ponctiformes, disposées les unes à la suite des autres sur un arc parallèle au bord supérieur de la cicatrice. L'une de ces empreintes est représentée Pl. XI, *fig.* 14 (*). Ces cicatrices correspondent évidemment à des feuilles plurinerviées dès leur base ou à des pétioles parcourus par plusieurs faisceaux vasculaires, et appartiennent certainement à quelque Cycadée. Je serais porté à les attribuer au *Nœggerathiopsis*, dont l'affinité avec les *Cordaites*, si cette dépendance était prouvée, serait incontestable.

CYCADITES SALADINI. *n. sp.* (Pl. XI, *fig.* 8, 9, 10A; Pl. XII, *fig.* 8, 8A, 9, 9A, 10).

Monticule rive gauche en aval de Claireville, Hon-Gâc, Ha-Tou, mine Jauréguiberry, mine Henriette. — Fronde pinnée, à rachis large de 1 à 2 millimètres; folioles linéaires droites ou légèrement arquées, un peu obliques sur le rachis, brusquement contractées et presque cordiformes à la base, obtusément aiguës au sommet, longues de 8 à 25 millimètres, larges de $1^{mm},5$ à 3 millimètres, contiguës ou même imbriquées, légèrement convexes en dessus, marquées d'une nervure médiane très nette.

Les dimensions des folioles sont extrêmement variables; on trouve d'ailleurs tous les intermédiaires entre les deux

(*) M. Nathorst a figuré, sous le nom de *Clathraria Saportana* (*Floran vid Bjuf*, p. 78, pl. XVIII, *fig.* 5), une tige ou rameau portant des cicatrices analogues à celles-ci, et qu'il suppose appartenir à un *Ptilozamites* ou à un *Pterophyllum*.

extrêmes représentés par la *fig.* 10, Pl. XI, et par la *fig.* 8, Pl. XII.

N'ayant eu tout d'abord entre les mains que de très petits échantillons de cette plante, j'avais cru pouvoir les rapporter au *Taxites planus* Feist. (*); mais l'examen d'empreintes plus grandes et mieux conservées, envoyées par M. Douzans, m'a conduit à rectifier cette attribution. Ces empreintes représentent certainement des frondes pinnées et non des rameaux garnis de feuilles distiques. Par leur rétrécissement brusque à la base, comme par leur forme et leurs dimensions, les folioles de cette espèce rappellent beaucoup celles du *Cycadites zamioides* Leckenby, de l'oolithe de Gristhorpe; elles sont toutefois moins étalées et moins écartées. La *fig.* 9A, Pl. XII, montre leur mode d'insertion sur le rachis et la façon dont chaque foliole empiète sur celle qui se trouve placée immédiatement au-dessous d'elle.

Sur quelques échantillons donnant l'empreinte de la face inférieure des folioles (Pl. XII, *fig.* 8, 8A), on remarque, de part et d'autre de la nervure médiane et très près des bords de la foliole, deux lignes parallèles à cette nervure et plus fines qu'elles, qui s'évanouissent au voisinage du point d'insertion en même temps qu'elles s'infléchissent vers la nervure. Ces deux lignes ne s'observent jamais sur la face supérieure des folioles, soit qu'on examine les empreintes qui reproduisent cette face, soit qu'on examine la lame charbonneuse, souvent conservée, qui représente la feuille elle-même. Pour ce motif, et à raison de leur finesse comme de leur mode de terminaison vers la base, je ne crois pas qu'on puisse les regarder comme des nervures latérales, dont la présence devrait faire exclure cette plante du genre *Cycadites*; mais je suis porté à les consi-

---

(*) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XCV (1882), p. 194.

dérer comme marquant les limites de deux bandes légèrement concaves qui auraient été placées de part et d'autre de la nervure médiane et auraient été occupées par les stomates : j'ai constaté ce mode de localisation des stomates sur des cuticules provenant d'un *Cycadites* incontestable de Steierdorf, et ce qui me confirme dans cette interprétation, c'est la différence que semble présenter le réseau cellulaire des folioles du *Cycadites Saladini*, suivant qu'on l'examine en dedans de ces deux lignes ou en dehors. On distingue en effet au microscope le réseau cellulaire de l'épiderme, soit sur la lame charbonneuse, soit sur l'empreinte, qui a été prise dans les moindres détails par une argile excessivement fine; ce réseau se montre nettement formé, sur la face supérieure, de mailles rectangulaires disposées en files longitudinales, tandis que sur la face inférieure, entre les deux lignes dont j'ai parlé, il semble constitué par des cellules polygonales ne formant pas des files régulières.

Les bords des folioles paraissent, sur le plus grand nombre des échantillons, avoir été enroulés en dessous comme dans le *Cycas revoluta*. Mais cette espèce s'éloigne évidemment des *Cycas* vivants, comme le *Cycadites zamioides*, par le mode d'insertion des folioles sur le rachis.

## DÉTERMINATION DU NIVEAU GÉOLOGIQUE.

Les espèces que je viens de passer en revue se répartissent de la manière suivante entre les diverses localités explorées :

| NOMS des espèces. | LANG-SÂN. | MINES DE HON-GÂC. Monticule r. g. en aval de Claireville. | Ile Hon-Gâc. | Claireville. | Mine Ha-Tou. | Mine Jauréguiberry. | Mine Henriette. | MINES de Ké-Bao. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Phyllotheca indica* | ... | ... | + | ... | ... | ... | ... | ... |
| *Asplenites Rœsserti* | + | ... | ... | ... | + | + | ... | ... |
| *Tæniopteris M'Clellandi* | + | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| *T. spatulata* | ... | + | + | ... | ... | ... | ... | ... |
| *T. spatulata* var. *multinervis* | ... | ... | + | ... | ... | ... | ... | + |
| *T. ensis* | ... | ... | + | ... | ... | ... | ... | ... |
| *Macrotæniopteris Feddeni* | ... | + | + | ... | ... | ... | ... | ... |
| *Palæovittaria Kurzi* | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | + |
| *Woodwardites microlobus* | ... | ... | ... | ... | ... | + | ... | ... |
| *Polypodites Fuchsi* | + | + | ... | ... | + | ... | ... | ... |
| *Dictyophyllum acutilobum* | ... | + | + | + | + | + | ... | ... |
| *D. Nilssoni* | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | + |
| *Clathropteris platyphylla* | ... | + | + | ... | ... | + | + | + |
| *Glossopteris Browniana* | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | + |
| *Pterophyllum æquale* | ... | ... | + | ... | + | ... | ... | ... |
| *Pterozamites Münsteri* | ... | + | + | + | ... | ... | ... | + |
| *Anomozamites inconstans* | ... | ... | ... | ... | + | + | ... | ... |
| *Nilssonia polymorpha* | ... | ... | + | ... | + | + | ... | + |
| *Otozamites rarinervis* | ... | ... | ... | ... | ... | + | ... | ... |
| *Podozamites distans* | ... | + | + | ... | ... | ... | ... | ... |
| *Nœggerathiopsis Hislopi* | ... | + | + | ... | + | + | ... | + |
| *Cycadites Saladini* | ... | + | + | ... | + | + | + | ... |

Laissant de côté Lang-Sân, où il n'a été trouvé qu'un trop petit nombre d'échantillons, le tableau qui précède montre que les deux groupes de mines, Hon-Gâc et Ké-Bao, sont liés par plusieurs espèces communes; il serait difficile de tirer de la flore aucune indication sérieuse sur l'âge relatif des couches qu'on y exploite; elles ont trop de caractères communs dans leur végétation pour qu'on puisse les distinguer les unes des autres, et elles appartiennent toutes à une même époque; ce n'est que par l'observation directe qu'on pourra arriver à reconnaître exactement leur ordre de superposition. Je dois toutefois, pour le bassin de Hon-Gâc, faire remarquer la ressemblance qui existe, tant sous le rapport de la flore que sous celui des roches contenant les empreintes, entre les couches du monticule de la rive gauche en aval de Claireville et celles de l'île Hon-Gâc, d'une part, entre celles de la mine Ha-Tou

et celles de la mine Jauréguiberry, d'autre part. On ne peut affirmer, mais il semble probable qu'elles se correspondent respectivement.

En tout cas si les plantes recueillies ne permettent pas de trancher définitivement ces questions de détail, elles donnent du moins des renseignements précis sur l'âge du bassin du Tong-King pris dans son ensemble.

Je vais passer en revue, successivement, en les examinant par régions, les flores avec lesquelles celle des charbons du Tong-King présente le plus de traits communs.

EUROPE. — Il est surprenant, comme je l'ai dit en commençant, de trouver un aussi grand nombre d'espèces spécifiquement identiques à une aussi grande distance. J'ai indiqué, pour la plupart, à mesure que je citais les diverses espèces reconnues, celles qui sont représentées en Europe, mais je crois nécessaire d'en redonner ici la liste d'ensemble.

*Asplenites Rœsserti.* — Très répandu dans la formation rhétienne de Franconie, autour de Bayreuth et de Bamberg; retrouvé par M. Nathorst à Helsingborg en Scanie ; je l'ai observé également dans les couches de charbon de Steierdorf en Hongrie, qui paraissent, par leur flore, appartenir à l'étage infraliasique ou tout au plus au lias inférieur.

*Woodwardites microlobus.* — Dans les couches rhétiennes de Franconie, où l'on n'a jusqu'à présent constaté sa présence que dans une seule localité, à Veitlahm près de Kulmbach.

*Dictyophyllum acutilobum.* — Commun dans les couches rhétiennes de Franconie; à Bjuf, Hœganæs et Helsingborg en Suède.

*D. Nilssoni.* — Dans les grès infraliasiques de Hettange (*) ; à Cobourg, Halberstadt et Quedlinburg en Allemagne ; à Steierdorf; à Hœr et Pålsjö en Scanie.

(*) J'indique ici les grès de Hettange comme infraliasiques, d'ac-

*Clathropteris platyphylla.* — J'ai déjà signalé cette espèce comme l'une des plus communes dans les étages rhétien et infraliasique ; elle a été trouvée en France dans les couches rhétiennes sur un grand nombre de points, dans l'Yonne, dans les Vosges et près de Nancy ; à Hettange et à Mende dans l'infralias ; elle est connue en Allemagne autour de Bayreuth et de Bamberg ; en Hongrie à Fünfkirchen et à Steierdorf ; en Scanie à Hœr, Bjuf et Hœganæs.

*Pterophyllum æquale.* — Cette espèce n'a été jusqu'à présent reconnue avec certitude qu'en Suède, à Hœr, Bjuf et Hœganæs.

*Pterozamites Münsteri.* — En Franconie, dans les localités classiques des environs de Bayreuth et de Bamberg.

*Anomozamites inconstans.* — A la Theta, près de Bayreuth.

*Nilssonia polymorpha.* — Cette espèce est, avec le *Clathropteris platyphylla*, une de celles qui me paraissent caractériser le plus nettement l'étage dont je parle ; elle a été rencontrée en abondance autour de Bayreuth ; M. Nathorst l'a signalée en Suède, à Pålsjö, à Bjuf et à Hœganæs, et j'en ai constaté la présence à Steierdorf en Hongrie.

*Podozamites distans.* — Commun dans les couches rhétiennes de Franconie, autour de Bayreuth et de Bamberg ; Halberstadt ; Steierdorf ; Pålsjö, Hœr, Hœganæs, Bjuf en Scanie.

Ainsi sur 20 espèces (en y comprenant une variété pouvant prétendre au rang d'espèce et en laissant de côté les deux espèces nouvelles, *Polypodites Fuchsi* et *Cycadites Saladini*) observées dans les couches de charbon du Tong-King, 10, c'est-à-dire la moitié, se trouvent en Europe dans les couches rhétiennes ou infraliasiques, et exclusive-

cord avec M. le marquis de Saporta, qui, dans la *Paléontologie française* (*Végétaux jurassiques*, I, p. 85), a appliqué le terme d'infralias à la zone à *Am. angulatus* (grès de Hettange et calcaires bleus de Mende).

ment dans ces couches. En présence d'un tel résultat, il semble qu'on soit fondé à placer les dépôts de charbon du Tong-King entre le trias et le lias et à les regarder comme contemporains des dépôts similaires de la Scanie et du Banat.

Mais cette conclusion, fondée seulement sur la comparaison avec l'Europe, pourrait laisser quelque doute, rien n'établissant *à priori* qu'à l'époque dont je parle la végétation ait été rigoureusement uniforme sur toute la surface du globe, et les faits observés en Australie montrant au contraire que, dès la fin des temps paléozoïques, il n'y avait plus concordance exacte dans la végétation entre l'Europe et ces régions si éloignées de nous.

Il est, du reste, indispensable de voir à quelle conclusion conduisent les dix autres espèces extra-européennes précédemment énumérées. Je vais donc examiner les relations de la flore que je viens d'étudier avec les flores de régions plus rapprochées du Tong-King, notamment avec celles de l'Inde et de l'Australie, ce qui exige au préalable un exposé des faits géologiques et paléontologiques observés dans ces deux pays et que j'aurai à prendre comme termes de comparaison.

INDE. — On sait qu'on exploite dans l'Inde, sur plusieurs points, des couches de charbon dont la flore est absolument différente de celle du terrain houiller proprement dit, telle qu'on la connaît en Europe et en Amérique. M. Bunbury, dans son étude sur les plantes de Nagpur (*), avait fait remarquer, dès 1861, les affinités de cette flore, d'une part avec la flore jurassique de l'Europe, d'autre part avec la flore des charbons de la Nouvelle-Galles du Sud; M. Hislop, dans une note faisant suite à cette étude, se montrait porté à ranger les couches de Nagpur au som-

(*) *Quarterly Journal of the geol. Soc.*, t. XVII, p. 325.

met du trias ou à la base du lias, tandis que M. Oldham les rejetait dans la série paléozoïque.

Depuis lors, de nombreux travaux ont été faits par les membres du *Geological Survey* de l'Inde, la flore a été étudiée en détail par M. Feistmantel, et l'on s'est mis d'accord ou à peu près sur les points suivants.

Les dépôts de charbon de l'Inde appartiennent pour la plupart à un grand système de couches auquel on a donné le nom de *Gondwána system*, et qui se divise en deux groupes, les Gondwanas supérieurs (*Upper Gondwánas*) et les Gondwanas inférieurs (*Lower Gondwánas*) (*). Ces deux groupes reposent l'un sur l'autre en stratification discordante, et paraissent séparés par une lacune d'une certaine importance, à en juger par les dénudations subies par les couches les plus élevées des *Lower Gondwánas* avant le dépôt des couches du groupe supérieur.

Les *Upper Gondwánas* se divisent eux-mêmes en deux étages, l'*étage de Mahadeva et Rájmahál* en bas et celui de *Jabalpur et Cutch* en haut. Le premier de ces deux étages est constitué d'ordinaire, partie par des grès diversement colorés, partie par des roches trappéennes intercalées entre les couches sédimentaires; l'ensemble, dans les *Rájmahál hills*, atteint au moins 700 mètres d'épaisseur. Les couches de Rajmahal ont fourni une riche flore renfermant une grande variété de Tænioptéridées, parmi lesquelles je dois citer les *Tæniopteris M'Clellandi*, *T. spatulata* et *T. ensis*, et surtout beaucoup de Cycadées de types très divers, notamment l'*Otozamites rarinervis*, trouvé, il est vrai, non dans les *Rájmahál hills*, mais dans des couches qui correspondent au même étage. M. Feistmantel, à raison de cette prédominance des Cycadées, et bien que certains types se rapprochent génériquement de ceux de l'étage rhétien, a classé

(*) Voir notamment, sur la géologie de l'Inde, le *Manual of the Geology of India*, de MM. Medlicott et Blanford. Calcutta. 1879.

'étage de Rajmahal dans le lias, et cette conclusion me paraît, d'après l'ensemble de la flore, très fortement motivée.

L'étage supérieur, représenté à Umia par des couches marines, renferme sur ce point une faune que MM. Waagen et Stoliczka ont classée dans l'oolithe supérieure et dont l'étude leur a permis d'établir, dans les couches marines de Cutch, quatre subdivisions, correspondant au bathonien, au callovien, à l'oxfordien et au portlandien. La flore trouvée à Umia, par-dessus ces couches portlandiennes, diffère assez peu de celle des couches de Rajmahal et semblerait plutôt correspondre aux flores de l'oolithe moyenne de l'Europe; peut-être faut-il voir dans cette persistance de certains types, plus anciens relativement dans nos régions, un effet des conditions climatériques dues à la latitude, ainsi qu'il arrive en Europe quand on compare, aux diverses latitudes, les flores tertiaires ou même crétacées d'un même âge; peut-être aussi y a-t-il là une anomalie locale, analogue ou plutôt inverse de celle qui montre en Amérique, dans la flore crétacée, des types végétaux connus seulement en Europe à dater de l'époque tertiaire.

Les *Lower Gondwdnas*, sur lesquels je dois insister davantage, se divisent en trois étages, qui sont, en allant de la base vers le sommet, ceux de *Talchir* et *Karharbári*, de *Damuda*, et de *Pánchet*. Ces étages, composés de grès et de schistes avec d'importantes couches de charbon, atteignent ensemble près de 2.000 mètres d'épaisseur. La flore en a été complètement étudiée par M. Feistmantel dans la *Palæontologia indica*, et sa composition est aujourd'hui bien connue.

L'étage de Talchir et de Karharbari a fourni un ou deux *Glossopteris*, un grand nombre de *Gangamopteris*, le *Næggerathiopsis Hislopi*, et, ce qu'il y a de plus intéressant comme comparaison avec l'Europe, un *Nevropteris* du sous-genre *Nevropteridium* Schimper, à peine distinct du *N. grandifolia* Sch. et Moug. (*N. valida* Feist.), et plusieurs ra-

meaux très nets de *Voltzia heterophylla*. Il y a donc là une analogie marquée avec le grès bigarré, et M. Feistmantel a, pour ce motif, proposé de ranger l'étage de Talchir ou tout au moins les couches de Karharbari, qui en forment la partie supérieure, à la base du trias.

L'étage de Damuda, qui comprend les couches de Nagpur, dont j'ai déjà parlé, renferme également une espèce très voisine d'une des formes du grès bigarré, le *Schizoneura gondwanensis* Feist.; j'en citerai en outre le *Sphenophyllum speciosum* Royle (sp.), absolument semblable à certaines formes nageantes de *Sphenophyllum* houillers, le *Phyllotheca indica*, plusieurs Tænioptéridées, dont le *Macrotæniopteris Feddeni*, le *Palæovittaria Kurzi*, de très nombreux *Glossopteris*, dont le *G. Browniana*, quelques rares *Gangamopteris*, un *Pterophyllum*, et encore le *Nœggerathiopsis Hislopi*. On y a trouvé en outre des débris de *Labyrinthodon*.

Enfin l'étage de Panchet, dont la flore paraît assez pauvre, renferme le *Schizoneura gondwanensis*, le *Pecopteris concinna* de l'étage rhétien de Franconie, le *Tæniopteris M'Clellandi* (*Angiopteridium* cf. *M'Clellandi* Feist.), un *Tæniopteris* voisin du *T. stenoneura* de la Theta, et quelques *Glossopteris*. Comme débris animaux on y a rencontré des restes de *Dicynodon* et deux espèces de *Labyrinthodon* de formes analogues aux *Labyrinthodon* triasiques d'Europe.

Si maintenant on compare avec la flore de l'Inde celle des charbons du Tong-King, on voit que celle-ci comprend le *Phyllotheca indica*, le *Macrotæniopteris Feddeni*, le *Palæovittaria Kurzi*, le *Glossopteris Browniana* et le *Nœggerathiopsis Hislopi*, soit cinq espèces des *Lower Gondwânas*, connues les unes et les autres dans l'étage de Damuda, et les trois premières propres à cet étage.

Elle comprend d'autre part les *Tæniopteris spatulata*, *T. spatulata* var. *multinervis*, *T. ensis*, et l'*Otozamites rariner-*

*vis*, de l'étage de Rajmahal dans les *Upper Gondwánas*; elle se rapproche en outre de la flore des *Rájmahál hills* par le nombre assez considérable des Cycadées.

Quant au *Tæniopteris M'Clellandi*, de Lang-Sân, il paraît se trouver aussi bien dans l'étage de Panchet que dans celui de Rajmahal.

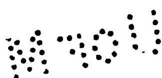
Il résulte de ce qui vient d'être dit que les couches de charbon du Tong-King viennent se placer entre les *Lower* et les *Upper Gondwánas*, c'est-à-dire entre des couches considérées par M. Feistmantel, les premières comme triasiques, les secondes comme liasiques (en ne parlant du moins que de l'étage de Rajmahal). L'âge déterminé par comparaison avec l'Europe coïncide donc avec celui qu'indique la comparaison avec l'Inde, et cette coïncidence vient confirmer les idées émises par M. Feistmantel, sur l'âge de l'étage de Rajmahal, d'une part, et sur celui des *Lower Gondwánas*, d'autre part.

Toutefois ces idées, au moins en ce qui concerne les *Lower Gondwánas*, ayant été, de la part des géologues de l'Inde, et particulièrement de M. Blanford, l'objet de critiques assez vives (*), il me paraît nécessaire d'indiquer comment les dernières recherches, tant géologiques que paléontologiques, viennent à l'appui de ces déterminations.

L'argument principal contre l'attribution au trias des *Lower Gondwánas* consistait dans l'analogie que présente, à première vue, la flore de l'étage de Damuda avec celle des couches de charbon de Newcastle dans la Nouvelle-Galles du Sud, considérées comme paléozoïques par tous les géologues locaux. L'âge de ces couches a donné lieu, comme on sait, à de très longues et très vives discussions qu'il est nécessaire de rappeler, en raison de l'intérêt paléontologique qui s'y attache et des conclusions aux-

---

(*) *Records of the Geol. Survey of India*, t. XI (1878), p. 104. *Palæontological relations of the Gondwána system.*



quelles on a été conduit en dernier lieu, tant au point de vue de ces couches elles-mêmes qu'à celui de leurs relations avec les couches de l'Inde.

Australie. *Nouvelle-Galles du Sud.* — Les roches le plus anciennes de la Nouvelle-Galles du Sud où l'on ait rencontré des débris organiques ont été classées par tous les paléontologistes dans le dévonien, d'après les fossiles marins qu'elles contiennent; avec ces fossiles marins on a rencontré quelques empreintes végétales, savoir un *Cyclostigma* et le *Lepidodendron nothum* (Goonoo-Goonoo) (*), qui, lui aussi, est propre, en Europe, au terrain dévonien.

Par-dessus viennent des roches à fossiles marins (Smith's Creek, Port Stephens), dans lesquelles ont été trouvées également quelques empreintes de plantes; M. Feistmantel y a reconnu le *Calamites radiatus*, un *Sphenophyllum*, plusieurs fougères : *Rhacopteris inæquilatera* (**), *R. intermedia*, *R.* cf. *Rœmeri*, *R. septentrionalis*, *Archæopteris Wilkinsoni*, un *Cyclostigma* (*C. australe*), et le *Lepidodendron Veltheimianum*, toutes espèces ou formes du terrain houiller inférieur d'Europe. Jusque-là il y a concordance complète entre les caractères de la faune et de la flore, mais il n'en est plus de même dans les couches immédiatement supérieures.

Ces couches, qui reposent en stratification concordante sur les précédentes, renferment en effet, à leur partie inférieure, avec des fossiles paléozoïques indiquant le terrain carbonifère (*Spirifer*, *Productus*, *Orthoceras*, *Conularia*,

---

(*) Feistmantel, *Palæontologische Beiträge*, III. *Palæozoische und mesozoische Flora des östlichen Australiens*, p. 70.

(**) Cette espèce avait été indiquée par Mac Coy sous le nom d'*Otopteris ovata;* ayant eu occasion de l'examiner à l'Exposition de 1878, je l'avais signalée comme paraissant, à première vue, appartenir à l'*Archæopteris M'Coyana*, espèce voisine, du reste, du *Rhacopteris inæquilatera* (*Congrès international de géologie*, Paris 1878, *Comptes-rendus*, p. 301).

*Fenestella*, etc.), quelques lits de charbons intercalés entre elles (*Lower coal measures*), dans lesquels apparaissent les premiers représentants d'une flore particulière, renfermant notamment des *Glossopteris* et un *Phyllotheca;* cette flore, largement développée dans les dépôts de charbon de Newcastle (*Newcastle beds. Upper coal measures*), qui couronnent ces couches marines, ne renferme aucune des espèces, ni même presque aucun des genres connus dans le terrain houiller de l'Europe et de l'Amérique, et les paléobotanistes qui l'ont examinée ne lui ont trouvé d'affinités qu'avec les flores secondaires. Aussi Mac Coy, contestant l'intercalation des premiers représentants de cette flore au milieu de couches marines à fossiles paléozoïques, a-t-il admis l'existence d'une grande lacune entre ces couches marines et les dépôts de charbon de Newcastle et a-t-il, avec Morris, rangé ceux-ci dans le terrain jurassique et même dans l'oolithe. Depuis lors, MM. Bunbury, de Zigno, Carruthers et Schimper ont conclu dans le même sens, se fondant sur l'affinité des *Glossopteris* avec les *Sagenopteris* jurassiques et sur la présence du genre *Phyllotheca* dans l'oolithe inférieure du Véronais. Ayant examiné, à l'Exposition de 1878, une belle série d'empreintes de Newcastle, je m'étais également rangé à cet avis, la présence d'un conifère, qui m'avait paru au moins très voisin de l'*Echinostrobus expansus* de Stonesfield et de Scarborough, me semblant de nature à corroborer cette opinion, et l'affinité avec la flore de Nagpur, classée formellement dans l'oolithe par Schimper, me paraissant très marquée (*).

La flore des couches de Newcastle se prolonge ensuite, avec quelques modifications, dans les couches supérieures, connues sous le nom d'étage de Hawkesbury et Wianamatta, et classées dans le trias par les géologues d'après les débris

(*) *Congrès international de géologie, Paris* 1878, *Comptes-rendus*, p. 301, 302.

de poissons qui y ont été rencontrés, tandis que leur superposition à une flore regardée comme oolithique conduisait les paléobotanistes à les placer beaucoup plus haut.

Dans ces conditions il était évidemment difficile de se mettre d'accord. L'un des points essentiels à établir était d'abord de savoir si, dans les couches marines à fossiles paléozoïques, il y avait réellement des intercalations de couches charbonneuses avec des représentants de la flore de Newcastle, caractérisée par ses *Glossopteris* et ses *Phyllotheca*. Les géologues australiens ont vérifié et complété leurs premières observations, et il ressort de leurs travaux que cette intercalation est parfaitement réelle. Je citerai notamment les preuves fournies par M. Clarke, qui a consacré sa vie à l'étude de la géologie de la Nouvelle-Galles du Sud, et qui, peu de mois avant sa mort, publiait un travail des plus précis sur la géologie de cet État, accompagné de coupes qui ne peuvent laisser place à aucun doute sur le point en question (*).

Il était dès lors indispensable de reprendre plus attentivement l'étude des plantes des couches contestées et de s'assurer s'il y avait réellement là des formes *spécifiques* propres en Europe aux terrains secondaires, ou bien s'il y avait simplement identité des formes *génériques*, certains genres, connus jusqu'à présent chez nous dans le terrain jurassique seulement, ayant pu apparaître dans l'hémisphère austral à une époque antérieure, mais représentés par des espèces différentes. C'est ce qu'a fait M. Feistmantel, désireux d'élucider la question des rapports de la flore fossile de Newcastle avec celle des *Lower Gondwdnas*, et les résultats auxquels il est arrivé méritent, vu leur importance, d'être indiqués avec quelque détail.

La position des couches carbonifères les plus basses,

(*) Rev. W. B. Clarke, *Remarks on the sedimentary formations of New South Wales*. Sydney. 1878.

à fossiles marins et à *Rhacopteris*, ne donnait lieu à aucune discussion, mais il est intéressant de signaler la découverte dans ces couches, à Arowa, d'un *Glossopteris*, *G. linearis*, qui est, jusqu'ici, l'espèce la plus ancienne de ce genre, et dont l'existence semble avoir continué jusque dans les *Upper coal measures* de Newcastle.

Par contre, M. Feistmantel a reconnu, dans les *Lower coal measures*, un *Annularia* (*A. australis* Feist.) voisin de l'*A. stellata* (*A. longifolia* Brongt.) et de l'*A. radiata* de nos terrains houillers, mais c'est le seul genre qui représente la flore houillère européenne; la flore de ces couches est d'ailleurs assez pauvre, comprenant seulement, outre cet *Annularia*, un *Nœggerathiopsis* (*N. prisca*), un *Phyllotheca* et cinq *Glossopteris*, dont un seul, le *G. Browniana*, se retrouve dans les *Upper coal measures*.

Ces couches de charbon sont, comme je l'ai dit, recouvertes par de nouvelles couches marines à fossiles carbonifères (*Upper marine beds*) sans empreintes végétales.

Les couches de Newcastle, qui donnent lieu sur divers points à une exploitation importante, et qui reposent sur ces *Upper marine beds*, renferment une flore beaucoup plus riche que les *Lower coal measures :* je citerai notamment le *Phyllotheca australis*, plusieurs *Sphenopteris*, huit espèces de *Glossopteris*, dont le *G. linearis* de la flore tout à fait inférieure et le *G. Browniana* des *Lower coal measures*, deux *Gangamopteris*, deux *Nœggerathiopsis* (*N. spatulata* et *N. media*), et le conifère que j'ai déjà signalé et que M. Feistmantel a reconnu, d'après ses cônes, appartenir au genre *Brachyphyllum* (*B. australe*). On n'a rencontré, dans ces couches, aucune trace de fossiles animaux.

Dans l'étage de Hawkesbury et Wianamatta, qui vient au-dessus, et où l'on a trouvé des débris de poissons (*Cleithrolepis* et *Palæoniscus*), la végétation n'est plus tout à fait la même que celle des *Newcastlebeds;* on y trouve encore le

genre *Phyllotheca* (*Ph. Hookeri*), mais avec des formes de fougères inconnues plus bas, notamment le *Pecopteris odontopteroïdes*, qui est l'espèce la plus abondante, et qui présente des affinités avec les genres *Callipteris*, d'une part, et *Thinnfeldia*, d'autre part, dont le premier n'est connu en Europe que dans le permien, et dont le second paraît propre à l'étage infraliasique ou rhétien.

Enfin on connaît une flore encore plus élevée, caractérisée surtout par le *Pecopteris australis*, dans des couches qui paraissent franchement jurassiques (Clarence River).

Si on laisse ces dernières de côté, on voit qu'il y a dans la Nouvelle-Galles du Sud, depuis les couches dévoniennes de Goonoo-Goonoo jusqu'à l'étage de Hawkesbury et Wianamatta, une série continue, qui, commençant par les mêmes associations de types animaux et végétaux que l'on connaît dans le carbonifère d'Europe, présente ensuite des discordances marquées avec les faits auxquels nous sommes accoutumés, les types habituels de nos flores houillère et permienne étant remplacés par des formes analogues plutôt aux types secondaires de nos pays, et en tout cas étroitement alliées, du moins génériquement, avec les plantes indiennes de l'étage de Damuda.

On était donc fondé à se demander si, en raison de ces affinités, il ne fallait pas classer les couches de Damuda comme paléozoïques avec les *Newcastlebeds*, ou bien si, au contraire, ceux-ci ne devaient pas être placés dans le trias, quitte à conclure, au besoin, à un âge un peu plus récent pour l'étage de Hawkesbury et Wianamatta. L'assimilation de ces dernières couches au trias pouvait en effet laisser place à quelque doute, n'étant guère fondée que sur l'analogie des débris de poissons qu'on y avait trouvés, avec les formes triasiques normales. Il suffit, pour légitimer ce doute, de rappeler l'existence actuelle, dans certaines rivières de l'Australie, de poissons munis de dents entièrement semblables à celles du genre *Cera-*

*todus*, et rapportés même formellement, par M. le docteur Günther (*), à ce genre longtemps considéré comme essentiellement propre à l'époque triasique.

Mais l'étude comparative des parties avoisinantes du continent australien a confirmé les premières déterminations et permis, comme je vais l'indiquer, de préciser les rapports d'âge entre les *Lower Gondwanas* de l'Inde et les *Newcastle beds* de la Nouvelle-Galles du Sud.

*Queensland.* — On connaît, dans l'État de Queensland, à peu près la même série que dans la Nouvelle-Galles du Sud (**) : des couches dévoniennes à fossiles marins et à *Lepidodendron nothum*, surmontées, mais en stratification discordante, par des couches marines à fossiles carbonifères, avec intercalations de dépôts charbonneux ; le niveau inférieur de la Nouvelle-Galles du Sud paraît manquer, et dans tous les cas on n'a pas rencontré la flore houillère inférieure à *Rhacopteris* de Smith's Creek et de Port Stephens ; les seules plantes qu'on ait trouvées sont des *Glossopteris*, avec quelques autres fougères ; ces débris végétaux, assez rares dans les couches les plus basses, deviennent plus abondants vers le sommet, où l'espèce dominante est le *Glossopteris Browniana*, de telle sorte que ce niveau paraît correspondre à celui des charbons de Newcastle.

Ces couches sont recouvertes, avec discordance de stratification, par des dépôts marins, classés comme oolithiques d'après leurs fossiles, et vers le sommet desquels il y a une autre série de dépôts de charbon, renfermant plusieurs espèces de fougères, notamment le *Pecopteris australis*

---

(*) *Philos. Transactions for the year* 1871, vol. 161, part. 2. p. 511 : *Description of* Ceratodus, *a genus of ganoid fishes, recently discovered in rivers of Queensland, Australia*, by Alb. Günther.

(**) Daintree, *Notes on the geology of the colony of Queensland, Quarterly Journal of the geol. Soc.*, t. XXVIII, 1872, p. 271.

(*Todea australis* B. Ren.), *Stenopteris elongata*, et un *Gingko* voisin du *G. integriuscula* (*).

*Victoria.* — Dans l'État de Victoria, le dévonien est connu également (Iguana Creek), surmonté par des couches marines (Avon River) renfermant un *Lepidodendron* (*L. australe*), qui paraissent l'équivalent des couches à *Rhacopteris* de la Nouvelle-Galles du Sud.

Plus haut, et séparés par une lacune, on rencontre des grès (*Bacchus-Marsh sandstones*) qui, d'après leur position stratigraphique, la nature de leur flore, et la présence d'un *Unio*, ont été classés comme appartenant à la base des formations mésozoïques et correspondant probablement aux couches de Hawkesbury. Or ces couches, qui seraient ainsi plus récentes que les charbons de Newcastle, possèdent, comme trait saillant, plusieurs espèces de *Gangamopteris*, ce qui conduit à les rapprocher de l'étage de Talchir et Karharbari des *Lower Gondwdnas*.

Enfin, les couches jurassiques se montrent positivement plus haut (*Bellarine beds*), et renferment, entre autres, comme débris végétaux, le *Pecopteris australis* et le *Tæniopteris Daintreei*, que j'ai déjà dit être très voisin du *T. spatulata* des *Upper Gondwdnas*.

En définitive, après avoir comparé les divers États les uns avec les autres, on restait encore incertain s'il fallait assimiler l'étage de Talchir et Karharbari, placé à la base des *Lower Gondwdnas*, avec les grès de Victoria à *Gangamopteris* et les couches de Hawkesbury, ces dépôts venant

(*) *Congrès international de géologie*, *Paris* 1878, *Comptes-rendus*, p. 302, 303. — C'est vraisemblablement un fragment de feuille de ce *Gingko* que M. Carruthers a décrit et figuré sous le nom de *Cyclopteris cuneata* (*Quarterly Journal of the geol. Soc.*, t. XXVIII, p. 355, pl. XXVII, *fig.* 5). M. le marquis de Saporta l'a signalé récemment sous le nom de *Salisburia antarctica* (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XCIV (1882), p. 922.)

tous se ranger dans le trias, ou bien si, au contraire, l'étage de Damuda, plus élevé que celui de Talchir, devait être regardé, à cause de sa richesse en *Glossopteris* et de ses *Phyllotheca*, comme l'équivalent des couches de charbon de Newcastle.

La première opinion paraissait toutefois la plus admissible et ne soulevait aucune difficulté sérieuse, l'analogie entre les couches de Damuda et celles de Newcastle étant, en somme, plus apparente que réelle, car, si les types génériques sont les mêmes, les formes spécifiques, à l'exception du *Glossopteris Browniana* (*), ne sont pas identiques. C'est à cette conclusion que s'était arrêté, dès 1878, M. Feistmantel (**), et les observations stratigraphiques ultérieures paraissent lui avoir donné pleinement raison.

M. Wilkinson, chargé de l'exploration géologique de la Nouvelle-Galles du Sud, a reconnu en effet, à la base des couches de Hawkesbury, des conglomérats particuliers, renfermant des blocs roulés ou anguleux, qui semblent avoir une origine glaciaire et conduisent à assimiler définitivement ces couches à celles de Bacchus-Marsh où M. Daintree a reconnu des dépôts semblables (***). Or M. Blanford a constaté de même, à la base de l'étage de Talchir, la présence de galets et de blocs de toutes dimensions noyés dans des lits argileux ou sableux à éléments fins ; plusieurs de ces blocs avaient leur surface parfaitement polie et présentaient, ainsi que les roches sous-jacentes plus anciennes (*Vindhyan series*), des stries parallèles qui ont fait conclure également à une action glaciaire (****).

---

(*) On a vu plus haut (p. 316) que le *G. Browniana* de l'Inde pouvait bien, en réalité, différer, même génériquement, de celui de l'Australie.

(**) Clarke, *loc. cit.*, p. 164.

(***) Feistmantel, *Records of the Geol. Survey of India*, t. XIII, 1880, p. 250.

(****) Blanford, *Memoirs of the Geol. Survey of India*, t. IX, p. (324).

Ces observations sont de nature à confirmer absolument les déductions tirées de la paléontologie, et quelle que soit la cause qui a présidé à la formation des dépôts dont je viens de parler, il semble qu'ils doivent être rapportés tous à la même époque : on peut donc regarder comme établie la contemporanéité de l'étage de Talchir, dans l'Inde, des *Bacchus-Marsh sandstones* et des *Hawkesbury beds*, en Australie, ces trois systèmes venant, suivant toute vraisemblance, se placer à la base du trias ou tout au moins au sommet du permien; les étages suivants des *Lower Gondwdnas*, Karharbari, Damuda et Panchet (*), représentent les parties plus élevées de la formation triasique, tandis que les *Newcastlebeds*, en Australie, avec les couches marines sous-jacentes jusqu'à celles à *Rhacopteris* inclusivement, correspondent à la série permo-carbonifère prise dans son ensemble (**).

On voit que les objections tirées de l'analogie de la flore de Damuda avec celle de Newcastle contre l'âge attribué à la première sont maintenant écartées, et par une étude paléontologique plus approfondie, et par les observations stratigraphiques : les *Lower Gondwdnas* représentent bien le trias, et les relations que présente avec leur flore celle des couches de charbon du Tong-King n'ont rien d'incompatible, au contraire, avec la présence, dans ces couches, de nombreuses espèces rhétiennes.

(*) Il ne serait pas impossible cependant que l'étage de Panchet dût être regardé déjà comme supratriasique et correspondant au rhétien, à en juger par la présence des *Pecopteris concinna*, *Tæniopteris M' Clellandi* et *T.* cf. *stenoneura;* mais la flore n'en est pas assez complètement connue pour permettre à cet égard une assertion positive, les fossiles animaux indiquant plutôt le trias.

(**) Dans un travail récent, M. Wilkinson a classé provisoirement dans le permien les couches de Newcastle et y a signalé la présence de fossiles du genre *Estheria* (*Congrès géologique international. Compte-rendu de la 2e session, Bologne*, 1881, p. 236. *Mémoire sur la géologie de la Nouvelle-Galles du Sud*, par M. C S. Wilkinson).

Afrique australe. — Il ne me paraît pas inutile de rappeler que la même série de formations a été également reconnue au Cap. Par-dessus des couches nettement carbonifères à *Calamites* et à *Lepidodendron* repose, en stratification discordante, un système de couches comprenant des dépôts charbonneux, qui renferment des plantes et des restes de poissons (*Palæoniscus*) et surtout de reptiles (*Dicynodon*). Cette formation (*Karoo series*), classée par M. Tate dans le trias (*), se divise en quatre groupes, qui sont, en partant de la base, les *Ekka beds*, à la base desquels se trouvent des dépôts bréchiformes analogues à ceux de l'Inde et de l'Australie, et d'origine apparemment glaciaire; les *Koonap beds*, les *Beaufort beds* qui ont fourni un certain nombre d'empreintes, et les *Stormberg beds*. La flore des *Beaufort beds* comprend trois espèces de *Glossopteris* (*G. Browniana*, *G. Sutherlandi*, et *Dictyopteris? simplex* Tate), une fougère qui pourrait bien être voisine du genre *Palæovittaria* (*Rudidgea Mackayi* Tate), et peut-être un *Phyllotheca* : elle paraît devoir être assimilée à celle de l'étage de Damuda, tandis que les *Ekka beds*, avec leurs conglomérats, correspondraient à celui de Talchir.

Plus haut, on trouve des couches jurassiques (*Uitenhage series*), renfermant à leur partie supérieure un grand nombre de fossiles marins qui correspondent à l'oolithe, et, sous ces dépôts marins, des couches à plantes contenant, entre autres, plusieurs *Zamites*, dont l'un est voisin du *Z. Feneonis* (*Palæozamia recta* Tate), une Cupressinée (*Sphenopteris antipodum* Tate), et deux *Pecopteris*, voisins du *P. indica* des *Rajmahal hills* ainsi que du *P. australis* de Victoria.

Ces analogies si marquées avec les formations de l'Inde viennent apporter encore un argument de plus en faveur

(*) Tate, *South African fossils*, *Quarterly Journal of the geol. Soc.*, t. XXIII, 1867, p. 167.

de l'âge attribué aux *Lower Gondwdnas* et ne sont pas sans intérêt, par conséquent, au point de vue de la détermination du niveau géologique des charbons du Tong-King.

CHINE. — Il me semble intéressant enfin de rappeler l'existence, en Chine, de dépôts de charbon appartenant à l'époque jurassique, et peut-être en partie à l'époque rhétienne, c'est-à-dire contemporains de ceux qui font l'objet de la présente étude.

Ad. Brongniart a signalé (*), en effet, dans les couches du Shensi méridional, plusieurs espèces de plantes, dont l'*Asplenites whitbyensis* qui caractériserait l'oolithe, et un *Podozamites* voisin du *P. distans* de l'étage rhétien.

D'autre part, M. Newberry (**) a fait connaître un certain nombre d'empreintes provenant de divers bassins de la Chine et notamment de l'ouest de Pékin; l'une d'elles, rapportée avec doute par l'auteur à l'*Asplenites whitbyensis*, pourrait bien, à en juger par la figure qui en est donnée, appartenir plutôt à l'*Asplenites Rœsserti;* une autre, le *Podozamites Emmonsi*, paraît identique à une espèce des couches keupériennes ou rhétiennes de la Caroline du Nord.

Enfin, dans son étude sur les empreintes rapportées de la Chine par M. de Richthofen (***), M. Schenk vient de donner sur la flore de ces bassins des détails d'un haut intérêt. Il résulte de son travail que les plus grands bas-

(*) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e sér., t. II, p. 408 : *Note sur les plantes fossiles de Tinkiako*, par M. Ad. Brongniart.

(**) *Smithsonian Contributions*, t. XV, art. 4. Pumpelly, *Geological researches in China, Mongolia and Japan* : appendix n° 1 : *Description of fossil plants from the Chinese coal-bearing rocks*, by J. B. Newberry.

(***) *China : Ergebnisse eigener Reisen unddarauf gegründeter Studien*, von Ferd. Freiherr v. Richthofen, t. IV, 2e Abtheil., *Pflanzliche Versteinerungen*, par M. A. Schenk.

sins houillers de la Chine, ceux du Shansi et du Hunan, appartiennent positivement à la période houillère : l'ensemble des espèces (*Pecopteris cyathea* et *P. unita*, *Annularia maxima* Schenk, à peine distinct des grandes formes de l'*A. stellata* que j'ai vues souvent dans le centre de la France, *Tæniopteris multinervis*, *Cordaites principalis*) dénote le houiller supérieur et peut-être même la partie la plus élevée de cet étage. Mais à peu de distance de ces bassins véritablement houillers, on trouve, en Mongolie près de la frontière du Shansi, dans la province même de Shansi, dans celle de Tshili à l'ouest de Pékin, et dans la région nord-est du Sze-Tchuan, des dépôts moins importants dont la flore accuse un âge plus récent : M. Schenk y a reconnu plusieurs Fougères appartenant au genre *Dicksonia*, l'*Asplenites whitbyensis*, des traces de *Phyllotheca*, une assez grande quantité de Cycadées, parmi lesquelles le *Podozamites lanceolatus* et un *Pterophyllum* qui paraît identique au *Pt. æquale*, ét quelques Conifères, notamment le *Czekanowskia rigida*. L'ensemble des formes végétales offre une grande analogie avec celles de la Sibérie orientale et de la région de l'Amour décrites par M. Heer (*), comme avec celles de l'Altaï, du bassin de la Petschora et de la Tongouska inférieure, décrites par M. Schmalhausen (**), et permet de classer également la plupart des dépôts de charbon jurassiques de la Chine explorés par M. de Richthofen dans l'oolithe inférieure (Jura brun). Cet étage se trouve ainsi représenté sur un grand nombre de points de la région nord-asiatique, comme en Perse et dans le Turkestan, par des dépôts semblablement constitués, grès et argiles avec couches de charbon plus ou moins puissantes. Deux localités semblent appartenir à une époque un peu plus reculée, Hsi-Ying-Tse en Mongolie, et Kwei-Tshou

(*) O. Heer, *Flora fossilis arctica*, t. IV et V. *Beiträge zur Jura-Flora Ost-Sibiriens und des Amurlandes.*

(**) Schmalhausen, *Beiträge zur Jura-Flora Russlands.*

dans le Houpéi, certaines espèces paraissant indiquer plutôt sur ces points le lias inférieur ou le rhétien.

On voit que, dans le nord de la Chine, les divers bassins de combustible minéral sont loin, malgré leur proximité relative, d'appartenir à une seule et même époque. C'est, du reste, ce qu'on observe aussi dans le Banat hongrois, où les couches de charbon liasique ou infraliasique de Steierdorf et de Doman sont à peine distantes de quelques kilomètres de couches de Szekul, lesquelles appartiennent à l'étage houiller supérieur.

Il est à noter que, jusqu'à présent, on n'a trouvé en Chine, ni dans les dépôts de l'époque houillère, ni dans ceux de l'époque jurassique, aucun représentant du genre *Glossopteris*, rencontré au contraire plus ou moins abondamment dans les couches de combustible de l'Australie, du Tong-King, de l'Inde et de l'Afrique australe.

Conclusions. — Il ressort de tout ce que je viens d'exposer que dans la région sud-asiatique, australienne et austro-africaine, le trias et le terrain jurassique sont représentés tous deux par des couches, tantôt marines, tantôt d'eau douce ou au moins littorales, et que la flore de celles-ci offre partout les mêmes caractères aux mêmes niveaux. La comparaison de la flore fossile du Tong-King avec ces flores assigne, aux couches de charbon d'où elle provient, un niveau intermédiaire entre le trias et le jurassique, en conformité exacte avec la détermination fournie par la comparaison avec l'Europe. Les grès versicolores que M. Fuchs a reconnus au-dessus de ces couches de charbon seraient, par conséquent, jurassiques, et ils doivent correspondre aux *Upper Gondwanas*.

Au point de vue paléontologique, il me paraît intéressant de faire remarquer l'association des types européens de l'époque rhétienne avec les formes propres aux régions austra-

lienne et sud-asiatique, telles que les *Glossopteris*, *Palæovittaria*, *Nœggerathiopsis.* Il résulte de ce qui a été dit pour l'Australie que l'uniformité de la végétation à l'époque carbonifère n'a pas été aussi universelle qu'on le pensait généralement, puisqu'au milieu de fossiles marins identiques spécifiquement ou alliés de très près à ceux de l'Europe, on ne trouve notre flore houillère représentée que par deux genres (*Annularia* et *Sphenopteris*), noyés au milieu de types tout à fait particuliers, dont quelques-uns auraient eu une longévité considérable, comme le *Glossopteris Browniana*, qui se retrouve sans modification apparente depuis les *Lower coal measures* de l'Australie jusque dans les couches du Tong-King; il semble cependant que, dès l'époque triasique, cette espèce avait disparu en Australie (*), et peut-être faut-il supposer que ces formes, nées sur le continent australien, tel du moins qu'il existait alors, se sont ensuite répandues de proche en proche vers l'hémisphère nord, grâce à des communications par terre résultant des modifications opérées dans la distribution des mers et des continents à la surface du globe. Des communications semblables auraient existé entre l'Asie et l'Europe, puisque l'on trouve dans le trias et le jurassique de l'Inde, comme dans les dépôts intermédiaires du Tong-King, des formes identiques, même spécifiquement, avec les espèces européennes contemporaines. Il semblerait qu'il y ait eu alors deux grandes régions botaniques bien distinctes et que le sud de l'Asie en ait formé le trait d'union, à en juger par le mélange de types propres à chacune d'elles constaté dans ces dépôts.

Il n'est pas sans intérêt, après avoir reconnu la présence dans la région sud-asiatique des types habituels du rhétien d'Europe, de rappeler que c'est dans cette région

(*) Voir la remarque de la p. 316 au sujet de la différence qu'il y a peut-être lieu d'établir entre le *G. Browniana* du carbonifère d'Australie et le *G. Browniana* du trias de l'Inde.

ou sur ses confins que se retrouvent aujourd'hui plusieurs des formes végétales qui paraissent le plus étroitement alliées à ces types anciens, pour ne parler du moins que de la classe des Fougères; car, pour les Cycadées, tous les genres rhétiens, sauf peut-être les *Cycadites*, semblent avoir disparu sans laisser aucun représentant dans la flore vivante. Je citerai notamment les *Dipteris*, auxquels les *Clathropteris* semblent se rattacher par leur port et par leur nervation, et dont il faut peut-être rapprocher aussi les *Dictyophyllum*, avec leurs frondes palmées et presque peltées; les *Matonia*, avec lesquels les *Laccopteris*, non encore observés, il est vrai, au Tong-King, ont une si frappante ressemblance par le mode de découpure de leurs frondes comme par la disposition et l'organisation de leurs sporanges (*); les *Angiopteris* et les *Marattia*, près desquels viennent, selon toute vraisemblance, se placer une partie des *Tæniopteris* rhétiens ou jurassiques. Ces divers types de plantes ont vécu en Europe jusqu'à la fin de la période oolithique ou même un peu au delà, les derniers *Dictyophyllum* et *Laccopteris* connus ayant été trouvés à la base du crétacé, mais ils ne paraissent pas avoir eu chez nous de représentants plus récents.

Au point de vue géologique, on voit que les difficultés résul-

(*) Il est facile de s'assurer, en examinant des frondes fertiles du *Matonia pectinata* Br. ou en se reportant à la figure type donnée par Wallich, de constater qu'il y a pour ainsi dire identité, au point de vue du nombre, de l'arrangement et de la taille des sporanges, ainsi que de la disposition de l'anneau élastique, entre les sores de cette espèce et ceux du *Laccopteris Münsteri*, tels qu'ils sont représentés par M. Schenk (*Foss. Fl. des Grenzschichten*, pl. XXIV, *fig.* 9). Il semblerait même, à en juger par les *fig.* 5 et 8, pl. XXV du même ouvrage, et par les *fig.* 7 *b*, 7 *c*, pl. XV, des *Contributions à la flore fossile du Portugal*, par M. Heer, que les sores des *Laccopteris* aient été, comme ceux du *Matonia pectinata*, recouverts par un indusium pelté exactement appliqué sur eux.

tant de la discordance entre la flore houillère de notre pays et celle de la région australienne ne sont point demeurées insurmontables et qu'après les longues discussions auxquelles ce défaut d'uniformité a donné lieu, géologues et paléontologistes ont fini par se mettre d'accord sur la question, si controversée d'abord, de l'âge des charbons d'Australie.

Il faut retenir de là cette conclusion, que les assimilations à de grandes distances, par les caractères paléontologiques comme par les caractères lithologiques, ne doivent être faites qu'avec réserve et veulent être étayées sur des preuves bien positives ; surtout on ne doit accepter qu'à titre essentiellement provisoire et sous bénéfice d'inventaire les rapprochements fondés seulement sur l'identité des formes *génériques*.

On voit en effet que les inductions tirées de la présence dans le terrain jurassique d'Europe du genre *Phyllotheca*, et de l'analogie des *Glossopteris* avec les *Sagenopteris*, avait conduit, tout à fait à tort, à assimiler à ce terrain les couches de Newcastle, qui sont bien décidément paléozoïques. Il ne faut pas perdre de vue que les preuves de ce genre sont essentiellement d'ordre négatif; c'est ainsi, pour ne citer qu'un exemple, que le genre *Gingko* était considéré, il y a bien peu de temps encore, comme indiquant nécessairement au moins l'époque secondaire, puisqu'il n'avait jamais été rencontré au-dessous des couches jurassiques ou tout au plus infraliasiques; or il vient d'être reconnu par M. de Saporta dans le terrain permien de Russie (*), et peut-être faut-il aussi lui attribuer les *Saportæa* permiens de Virginie (**). J'en pourrais dire autant du genre *Sphenozamites*, qui passait pour exclusivement oolithique jusqu'à sa dé-

(*) *Salisburia primigenia*. Saporta, *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XCIV (1882), p. 922.

(**) Fontaine and White, *Permian or upper carboniferous Flora of West Virginia and S. W. Pennsylvania*, p. 99.

couverte récente dans les couches inférieures du permien d'Autun (*).

Les garanties ne sont pas, du reste, beaucoup plus grandes avec les fossiles animaux, et la répartition de ceux-ci n'est pas non plus absolument uniforme. J'entends parler même des fossiles marins, car pour les animaux terrestres ou d'eau douce il n'est pas besoin de faire observer que certaines formes ont pu être cantonnées dans certaines régions tout aussi bien que les formes végétales; mais, en ce qui concerne les animaux marins, on peut remarquer notamment que, dans toute la série carbonifère d'Australie, et bien qu'elle ne paraisse pas présenter de lacune, on n'a rencontré, même dans les couches les plus élevées, aucun des types habituels du terrain permien.

D'un autre côté, les types génériques ne sont pas plus caractéristiques que dans le règne végétal et ne peuvent pas davantage suffire pour la détermination de l'âge. On sait que la faune terrestre actuellement vivante sur le continent australien comprend un grand nombre de formes étroitement alliées à celles qu'on rencontre chez nous à l'état fossile dans l'éocène inférieur. Quant à la faune marine, M. Waagen a signalé dans l'Inde, dans les couches carbonifères des *Salt Ranges*, caractérisées par une série d'espèces franchement carbonifères (notamment des genres *Productus* et *Athyris*) avec une espèce permienne (*Strophalosia Morrisiana*), l'association de trois genres de Céphalopodes qu'on n'est pas habitué à rencontrer réunis, les genres *Ammonites*, *Ceratites* et *Goniatites* (**); un autre exemple d'anomalie est fourni par les Ammonites du groupe des *macrocephali* (*Stephanoceras*), qui dominent dans l'Inde au sommet de l'étage de Chari et à la base de celui de Katrol, à un niveau qui paraît, par l'ensemble de

(*) B. Renault, *Note sur les Sphenozamites*.
(**) *Memoirs of the Geol. Survey of India*, t. IX, p. 351.

sa faune, correspondre à l'oxfordien, tandis qu'en Europe elles ne dépassent pas le callovien (*) ; de même, on a rencontré, dans la région méridionale de l'Inde, dans les couches d'Utatur, classées d'après leur faune comme cénomaniennes, des Ammonites du groupe des *globosi*, lequel est regardé en Europe comme particulier au trias (**). Ces anomalies ne sont, en somme, pas très rares ; mais on constate toujours, quand on les rencontre, que, s'il y a identité générique avec des formes regardées comme propres à une autre époque, il n'y a pas identité spécifique.

Les déductions tirées de la paléontologie ne peuvent donc être concluantes qu'autant qu'elles se fondent sur des déterminations spécifiques bien sûres et l'on doit se garder de conclure sur de simples analogies de formes. De plus, en raison du défaut d'uniformité que l'on constate parfois dans la répartition des types spécifiques à une même époque, il faut tâcher d'embrasser un ensemble d'espèces assez considérable pour que les anomalies locales qui pourraient exister ne risquent pas de fausser les résultats, et il convient, autant que possible, de ne pas chercher à trop grande distance les termes de comparaison. C'est pourquoi j'ai cru nécessaire d'étayer sur d'autres preuves que l'identité avec les espèces rhétiennes de l'Europe les conclusions auxquelles m'avait conduit l'examen de la flore des couches de charbon du Tong-King, et il me paraît que la concordance parfaite des résultats obtenus donne à la détermination de l'âge de ces couches un caractère de certitude aussi complet que possible.

---

(*) *Manual of the Geology of India*, I, p. 263.
(**) *Ibid.*, p. 273.

# EXPLICATION DES PLANCHES

## Planche X.

*Fig.* 1. — *Phyllotheca indica.* Fragment d'une grosse tige encore munie de feuilles nombreuses à chaque articulation. — Hon-Gâc.

*Fig.* 2, A. — *Phyllotheca indica.* Fragment de tige ou de rameau montrant deux articulations et la naissance d'un verticille de feuilles. — Hon-Gâc.

*Fig.* 2, B. — *Pterozamites Münsteri.* Fragment de fronde. — Hon-Gâc.

*Fig.* 3. — *Asplenites Rœsserti.* Fragment de penne. — Ha-Tou.

*Fig.* 3 A. — Détail de la nervation d'une des pinnules de l'échantillon *fig.* 3.

*Fig.* 4. — *Polypodites Fuchsi.* Fragment de penne. — Lang-Sân.

*Fig.* 4 A. — Détail de la nervation d'un des segments de l'échantillon *fig.* 4.

*Fig.* 5. — *Tæniopteris M'Clellandi.* Fragment de penne. — Lang-Sân.

*Fig.* 6. — *Tæniopteris spatulata*, v. *multinervis.* Fragment de penne ou de fronde. — Ké-Bao.

*Fig.* 6 A. — Détail de la nervation de l'échantillon *fig.* 6.

*Fig.* 7. — *Dictyophyllum Nilssoni.* — Ké-Bao.

*Fig.* 8. — *Tæniopteris spatulata.* Pennes ou fragments de pennes, dont deux sont encore enroulées en crosse à leur extrémité supérieure. — Hon-Gâc.

*Fig.* 9 et 10. — Fragments de frondes de *Tæniopteris.* — Ké-Bao.

*Fig.* 11. — *Dictyophyllum acutilobum.* — Ha-Tou.

*Fig.* 12. — *Clathropteris platyphylla.* — Ké-Bao.

*Fig.* 13. — *Clathropteris platyphylla.* — Mine Henriette.

## Planche XI.

*Fig.* 1. — *Glossopteris Browniana.* Fronde presque complète. — Ké-Bao.

*Fig.* 1 A. — Détail de la nervation de l'échantillon *fig.* 1.

*Fig.* 2. — *Podozamites distans.* Foliole détachée. — Hon-Gâc.

*Fig.* 3. — *Palæovittaria Kurzi.* Fragment de fronde. — Ké-Bao.

*Fig.* 3 A. — Détail de la nervation de l'échantillon *fig.* 3.

*Fig.* 4. — *Anomozamites inconstans.* Fragment de fronde, dans une portion à peine divisée. — Ha-Tou.

*Fig* 4 A. — Détail de la nervation de l'échantillon *fig.* 4.

*Fig.* 5. — *Anomozamites inconstans.* Fragment montrant la base d'une fronde. — Ha-Tou.

*Fig.* 6. — *Anomozamites inconstans.* Fragment montrant le sommet non divisé d'une fronde. — Ha-Tou.

*Fig.* 7. — *Anomozamites inconstans.* Fragment d'une fronde prise dans sa

partie moyenne, divisée en segments à peu près réguliers. — Ha-Tou.

*Fig.* 8, 9 et 10, A — *Cycadites Saladini*. Fragments de frondes. — Ha-Tou.

*Fig.* 10, B. — *Næggerathiopsis Hislopi*. Fragment de feuille. — Ha-Tou.

*Fig.* 11. — *Pterozamites Münsteri*. Fragment d'une fronde. — Claireville.

*Fig.* 12. — *Pterophyllum æquale*. Portions de frondes. — Hon-Gâc.

*Fig.* 13. — *Næggerathiopsis Hislopi*. Fragment de feuille. — Ké-Bao.

*Fig.* 14. — Fragment de tige ou de rameau présentant quatre cicatrices foliaires et appartenant peut-être au *Næggerathiopsis Hislopi*. — Ké-Bao.

*Fig.* 15. — *Nilssonia polymorpha*. Fragment de feuille. — Ké-Bao.

*Fig.* 16. — *Nilssonia polymorpha*. Fragment d'une feuille plus grande. — Hon-Gâc.

## Planche XII.

*Fig.* 1. — *Macrotæniopteris Feddeni*. Fragment de fronde. — Monticule rive gauche en aval de Claireville.

*Fig.* 2. — *Tæniopteris ensis*. Fragment de penne. — Hon-Gâc.

*Fig.* 3. — *Woodwardites microlobus*. Portion d'une plaque montrant les fragments de deux frondes. — Mine Jauréguiberry.

*Fig.* 3 A. — Détail de la nervation de l'échantillon *fig.* 3.

*Fig.* 3 B. — Portion d'une des frondes de l'échantillon *fig.* 3, grossie très légèrement pour montrer la décurrence des pennes sur le rachis.

*Fig.* 4. — *Woodwardites microlobus*. Portion de fronde montrant la terminaison des pennes. — Mine Jauréguiberry.

*Fig.* 5. — *Clathropteris platyphylla*. — Mine Jauréguiberry.

*Fig.* 6. — *Polypodites Fuchsi*. Fragment de penne. — Monticule rive gauche en aval de Claireville.

*Fig.* 7. — *Otozamites rarinervis*. — Mine Jauréguiberry.

*Fig.* 7 A et 7 B. — Folioles de l'échantillon *fig.* 7, grossies pour montrer la nervation.

*Fig.* 8. — *Cycadites Saladini*. — Mine Jauréguiberry.

*Fig.* 8 A. — Foliole de l'échantillon *fig.* 8 grossie, montrant les deux lignes parallèles à la nervure médiane qui s'observent sur la face inférieure.

*Fig.* 9. — *Cycadites Saladini*. — Mine Jauréguiberry.

*Fig.* 9 A. — Portion de l'échantillon *fig.* 9, grossie pour montrer la forme de la base des folioles et leur mode d'attache.

*Fig.* 10. — *Cycadites Saladini*. — Mine Henriette.

*Fig.* 11. — *Næggerathiopsis Hislopi*. Feuille complète. — Monticule rive gauche en aval de Claireville.

---

NOTE

# SUR LES APPAREILS DE SÉCURITÉ

## LEBLANC ET LOISEAU

Par M. BROSSARD DE CORBIGNY, ingénieur en chef des mines.

MM. Leblanc et Loiseau, constructeurs, 15, rue de Bréa, à Paris, ont présenté à l'administration des chemins de fer de l'Etat de nouveaux appareils de sécurité qui ont été essayés, en 1881-82, aux abords de Tours. Le service du contrôle a suivi ces expériences, et, d'après ses premiers rapports, M. le ministre des travaux publics a décidé, sur l'avis du Comité de l'exploitation technique, qu'une notice à ce sujet serait insérée aux *Annales.*

Tel est l'objet du présent travail.

Le but poursuivi par les inventeurs est de faire donner par les trains eux-mêmes, lorsqu'on le juge utile, les signaux indiquant leur situation sur la ligne. Les appareils se composent donc d'une pédale, d'une transmission électrique et d'un récepteur approprié au but qu'on se propose. Nous n'aurons rien à dire des transmissions électriques, qui n'offrent rien de particulier : nous donnerons seulement une indication sommaire des appareils récepteurs, mais nous insisterons avec plus de détail sur la *pédale* qui est la partie essentielle du système.

PÉDALE A SOUFFLET.

Les inconvénients des pédales ordinaires sont connus : si l'organe directement attaqué au passage du train est en relation intime axec le mécanisme qu'il commande, il lui communique de brusques ébranlements qui le détruisent promptement; si en outre la pédale se relève après le premier choc, elle subit, dans les mêmes conditions, l'attaque de toutes les roues du train, au grand détriment du mécanisme, et, si elle ne se relève pas, elle doit être ensuite remise en place par une intervention extérieure.

Depuis longtemps déjà on a cherché à remédier à ces inconvénients par l'addition d'un organe modérateur consistant en un soufflet analogue aux soufflets de cheminée et pouvant, par conséquent, se gonfler instantanément au moyen d'une large ouverture recouverte intérieurement d'une languette, mais ne se vidant que peu à peu, par un étroit orifice. Plusieurs appareils de ce genre, dont la description se trouve notamment dans l'*Étude sur les signaux de chemins de fer à double voie*, par M. Edouard Brame (Dunod, éditeur. 1867), pages 68 et 72, ont été appliqués sur le réseau du Nord pour annoncer l'approche des trains, soit aux passages à niveau, soit à l'issue des souterrains dont ils abordent l'entrée ; mais l'expérience ne semble pas avoir permis d'attribuer une valeur particulière à ces appareils, dans lesquels la pédale, placée longitudinalement et intérieurement à la voie, est actionnée par les boudins des roues dans des conditions défavorables.

La nouvelle pédale Leblanc et Loiseau utilise beaucoup mieux les propriétés modératrices du soufflet, par suite de la construction simple et robuste des organes, de leur indépendance et de la situation de la pièce essentielle extérieurement et perpendiculairement à la voie, de sorte

qu'elle est actionnée non plus par le boudin, mais par la jante des roues.

Les *fig.* 4 et 5 (Pl. XIII) représentent l'appareil qui a été installé de part et d'autre d'un passage à niveau près de Tours, sur la ligne de l'Etat.

Dans la *fig.* 4, qui montre l'appareil au repos, le soufflet Q est fermé par le poids du bras postérieur P de la pédale, qui repose simplement et sans aucune liaison sur la table supérieure, et est en outre surchargé d'un poids *s'*. La première roue du train abaisse vivement la pédale *s*, perpendiculaire et extérieure à la voie : l'extrémité *s'* du levier se relève en tournant sur l'axe horizontal *r* : cette extrémité est immédiatement suivie par la table supérieure du soufflet qui se gonfle vivement sous l'action des ressorts *u*. Dès lors, la queue de la pédale est soutenue, et elle ne peut plus redescendre que progressivement, en suivant le dégonflement du soufflet qui s'opère par un très petit orifice percé en un point quelconque de sa surface. La pédale échappe donc au choc de toutes les roues autres que la première, ou, du moins, la quantité dont elle peut se relever entre le passage de deux roues consécutives est tellement faible qu'elle ne peut recevoir que de légers attouchements dont elle n'éprouve aucun ébranlement réel.

La transmission du signal électrique s'obtient d'ailleurs par le contact de deux lames de ressort *y y'*, dont l'une est fixe tandis que l'autre est, dans l'état de repos, maintenue abaissée par le levier P (Voir *fig.* 3). Dès que celui-ci se soulève, le ressort abaissé remonte : le courant passe ; il est interrompu quand le levier revient à sa position primitive.

Le caractère distinctif de cet appareil est donc de laisser la pédale sans liaison avec les autres parties du mécanisme ; son rôle se borne, lorsqu'elle est attaquée, à rendre leur liberté à des ressorts, celui du soufflet et celui de la trans-

mission, snr lesquels elle s'appuyait antérieurement. Le premier choc peut donc impunément avoir une brusquerie qu'on ne saurait éviter : il ne se répercute que sur l'axe de la pédale et sur la plaque de fondation, organes qu'il est toujours facile de rendre massifs.

Aussi l'appareil se conserve-t-il très longtemps en bon état avec fort peu d'entretien. L'administration des chemins de fer de l'Etat a disposé plusieurs pédales de ce genre aux abords de Tours pour actionner les appareils dont nous dirons quelques mots plus loin. Deux de ces pédales commandaient un signal avertisseur de passage à niveau dont les indications ont été soigneusement relevées : pendant un intervalle de quatre mois, à raison de 24 trains par jour, ce qui représente 3.000 fonctionnements, il n'a pas été constaté de ratés. Même en dehors de cette période de surveillance les pédales demeurées en place n'ont pas cessé de fonctionner, et l'on peut évaluer à 10.000 le nombre des chocs reçus, au moins par l'une d'elles, sans être entretenue, et en demeurant en bon état.

Les précautions à prendre pour assurer la conservation de l'appareil et la régularité de son jeu consistent surtout à rendre la plaque de fondation bien solidaire de la voie en l'installant sur un châssis faisant corps avec les traverses. On maintient ainsi la constance de la surélévation du nez de la pédale par rapport au rail; l'écart vertical doit être de 10 à 15 millimètres. Un fourreau en tôle mince protège l'appareil contre les intempéries et contre la dent des rongeurs qui s'attaquent parfois à la peau des soufflets.

Les inventeurs ont également obtenu une mise à l'essai sur le réseau de Lyon et ont alors apporté quelques perfectionnements à leur appareil (*fig.* 1 à 3). Le levier a été muni de deux petits galets pour éviter le frottement de son point d'appui sur la table du soufflet. Le contact électrique a été rejeté à l'extrémité pour obtenir plus de course; enfin, les soufflets en bois, étant sujets à se fissurer, vont

maintenant être remplacés par des soufflets à joues en tôle. L'étanchéité est en effet la condition première du jeu de ces appareils, qui ne doivent se dégonfler que très lentement. Il arrive quelquefois qu'une légère fuite accidentelle suffit pour l'évacuation : alors le petit orifice de la sortie normale reste fermé au moyen d'une vis ; en desserrant celle-ci plus ou moins, on modifie à volonté la vitesse de l'évacuation. La durée de celle-ci paraît pouvoir être réglée convenablement à 30 ou 40 secondes : avec les appareils que nous avons vus sur le réseau de Lyon le premier de ces chiffres est dès à présent obtenu.

Cinq pédales sont actuellement en service sur ce réseau.

La première a été posée à Villeneuve-Saint-Georges, le 15 mars dernier, elle y est restée jusqu'au 24 juillet pour être ensuite envoyée à Lyon où elle a été mise en fonction le 1er août.

Deux autres sont installées à Melun et à Plombières (Côte-d'Or) ; les deux dernières fonctionnent à Bois-le-Roi depuis le 20 mai ; ce sont celles que nous avons visitées : M. Dujour, inspecteur principal, chef du bureau des études du matériel fixe, a bien voulu nous accompagner dans cette visite et nous fournir tous les renseignements utiles avec une obligeance dont nous tenons à le remercier.

Les pédales de Bois-le-Roi sont posées, l'une près de la station, l'autre à 2.400 mètres, côté de Fontainebleau. Au milieu de leur intervalle, se trouve, en courbe, un passage à niveau fréquenté. Elles servent à l'avertir de l'arrivée des trains, en mettant en jeu une sonnerie. Chacune d'elles subit le choc de 50 trains en moyenne par jour : au moment de la visite le total réalisé s'élevait à 3.250 chocs, et le fonctionnement était néanmoins très régulier. Les deux trains que nous avons observés passaient sur la pédale en 10 secondes environ : après la première attaque, le levier se relevait assez lentement pour ne plus subir qu'un ou deux légers attouchements des derniers véhicules : il

employait ensuite 20 secondes pour achever son excursion. Comme ici la transmission électrique consiste en un courant continu dont l'interruption met en jeu les appareils récepteurs, la sonnerie du passage s'était fait entendre pendant 30 secondes, ce qui peut être considéré comme suffisant.

La modification de cette durée d'action serait une question de réglage, pour laquelle on disposerait, l'étanchéité du soufflet étant supposée parfaite, de la section de l'orifice d'évacuation et de la charge produite par le levier : on pourrait faire varier celle-ci au moyen d'un curseur de poids convenable.

Cette question de complète étanchéité a d'ailleurs moins d'importance si la pédale doit seulement transmettre un signal instantané, et non assurer la durée du maintien de ce signal. Dans le premier cas, qui a été réalisé au réseau de l'Etat parce que la transmission se fait par courants discontinus, il suffit que le soufflet obvie à la répétition des chocs sur la pédale : il peut alors, sans inconvénient, s'abaisser entièrement quelques secondes après le passage du train. Dans le second cas, son rôle est plus complexe, la durée de l'évacuation règle celle de l'audition ou de l'apparition du signal transmis ; elle acquiert donc une grande importance et on vient de voir que les derniers appareils construits pour la Compagnie de Lyon arrivent à un bon résultat.

## APPAREILS RÉCEPTEURS.

Deux appareils récepteurs ont été essayés sur le réseau de l'Etat : l'*avertisseur des passages à niveau* et le *compteur kilométrique.*

L'*avertisseur* consiste en une boîte rectangulaire élevée sur une colonne à proximité du passage et portant sur ses deux faces principales l'inscription : *Défense de passer*,

éclairée la nuit ; à 1.000 ou 1.200 mètres de part et d'autre (il s'agit ici d'une ligne à voie unique) sont placées des pédales à soufflet. Dans l'état normal l'inscription est masquée par des rideaux légers en tôle, bien équilibrés, et obéissant à un double électro-aimant actionné par un courant discontinu. Par la disposition de l'appareil, la première pédale attaquée, quelle qu'elle soit, démasque l'inscription et déclenche une sonnerie ; la seconde pédale recouvre l'inscription et fait taire la sonnerie : ainsi à chaque contact l'état du signal change, et c'est ce qui a permis d'employer les deux pédales indifféremment pour obtenir de chacune d'elle des effets inverses, suivant le sens de la marche. Mais il en résulte qu'un contact intempestif donné, par exemple, par le passage d'un lorry, ou seulement par le pied d'un homme de la voie, doit, sous peine d'erreur, être aussitôt annulé par un second contact. Cet appareil ne doit donc pas être considéré comme pouvant être substitué aux autres moyens de sécurité ; il peut toutefois leur venir très efficacement en aide, en avertissant les gardes postés dans les courbes, et le public lui-même, de l'arrivée imminente du train, au moyen d'un signal à la fois optique et acoustique, diurne et nocturne.

La compagnie de Lyon n'a pas appliqué ce récepteur, par suite de l'adoption du principe des courants continus, elle s'est bornée à faire agir une sonnerie par l'interruption du courant pendant tout le temps que le soufflet de la pédale d'amont n'est pas dégonflé : il suffit alors, pour une ligne à double voie, d'une seule pédale sur chaque voie, la pédale d'aval n'étant plus utile comme dans le système appliqué à l'Etat.

Le *compteur kilométrique* consiste en un cadran établi bien en vue à une station et mis en relation avec une série de pédales, espacées de kilomètre en kilomètre depuis la station précédente qui est, elle-même, munie d'un cadran semblable. A chaque contact et par conséquent à chaque

kilomètre de son parcours entre ces deux stations, le train en marche fait avancer les aiguilles d'une division, et en même temps une sonnerie résonne pendant tout le passage du train sur chaque pédale. Le nombre des divisions des cadrans étant égal à celui des kilomètres, le tour complet des aiguilles correspond à la totalité du parcours. Ainsi, cet appareil, indépendamment de ce qu'il rappelle fréquemment, par un signal acoustique que la voie est occupée, indique à chaque instant où se trouve le train qui vient d'être expédié ou qui est attendu; il signale, si on ne peut le voir de loin, l'imminence de son arrivée et, dans les petites stations, il permet à un personnel peu nombreux d'utiliser, jusqu'au dernier moment, les instants dont il dispose. Il permet encore d'observer à distance la vitesse des trains et peut devenir un moyen utile de la constater dans un poste fixe; enfin il indique les détresses et leur situation.

Indépendamment de ces deux appareils, MM. Leblanc et Loiseau en ont construit un troisième qui serait destiné à donner aux stations l'application du *block-system;* mais ce dernier mécanisme n'a pas encore fonctionné sur le réseau de l'Etat.

Nous n'avons pas, au surplus, à insister sur les diverses applications dont est susceptible le principe de l'emploi d'une pédale comme appareil manipulateur, mais elles sont assez nombreuses pour qu'il y ait un réel intérêt à faire connaître les résultats obtenus, quoique sur une échelle encore restreinte, avec l'appareil à soufflet Leblanc et Loiseau. La simplicité de sa construction et de son fonctionnement et la facilité de son entretien paraissent bien atteindre le but que se sont proposé les inventeurs.

Tours, 15 octobre 1882.

# ÉTUDE SUR L'ACTION DES FREINS

Par M. SEGUELA, ancien élève de l'École polytechnique, inspecteur au chemin de fer du Nord.

---

Une roue placée dans un train de chemin de fer se trouve dans l'une des deux conditions suivantes :

Roue soumise à une action tangentielle motrice et à un effort de traction résistant;
Roue soumise à un effort de traction moteur et à un effort tangentiel résistant.

## I

### ROUE SOUMISE A UN EFFORT TANGENTIEL MOTEUR ET A UN EFFORT DE TRACTION RÉSISTANT.

La roue étant soumise à un effort tangentiel T (*fig.* 6, Pl. XIII), celui-ci se transmet au rail qui exerce dès lors sur la roue une réaction T égale à l'action et le centre de la roue reçoit alors un mouvement de translation.

Dans le cas où la réaction du rail dépasse une certaine limite, *l'adhérence* A, la roue tournera sur place, il y aura patinage.

L'adhérence est proportionnelle au poids adhérent ; le coefficient d'adhérence dépend de l'état du rail ; il varie entre 0,08 et 0,25 et on le prend ordinairement égal à 1/7.

Pour qu'il y ait translation, il faut avoir la relation

$$R < T < A.$$

R étant la résistance du train tout entier ; elle dépend des déclivités, des courbes, de la vitesse du train, etc.

Nous supposerons le train placé en palier et en alignement droit.

Les résistances en palier et en alignement ont été déterminées par plusieurs ingénieurs, en particulier aux chemins de fer de l'Est, par MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, dont les expériences ont été reprises récemment par M. l'ingénieur en chef Regray, qui a publié les résultats obtenus sur les trains de voyageurs et qui donne en ce cas la formule suivante pour la résistance par tonne

$$r = 1,83 + 0,0843\,v.$$

$v$ représentant la vitesse en kilomètres à l'heure.

En supposant $T < A$ la loi du mouvement est donnée par l'équation des forces vives.

En désignant par

$P$ le poids total du train,
$p$ — d'un essieu monté,
$k$ le rayon de giration,
R — des roues au roulement.

l'on a

$$\frac{1}{2g}\left(P + \Sigma p\,\frac{k^2}{R^2}\right)(v^2 - v_0^2) = \int (T - R)\,ds.$$

Après avoir différentié et réduit, l'on obtient

$$\frac{1}{g}\left(P + \Sigma p\,\frac{k^2}{R^2}\right)\frac{dv}{dt} = T - R.$$

Pour le moment, je ne m'étendrai pas plus longtemps sur ce cas que je me propose de traiter plus tard d'une manière plus approfondie.

## II

### ROUE SOUMISE A L'ACTION D'UN EFFORT DE TRACTION MOTEUR ET D'UN EFFORT TANGENTIEL RÉSISTANT.

En exerçant un effort de traction T sur une roue chargée (*fig.* 7, Pl XIII) il se produit au contact un effort résistant $r$ proportionnel à la charge sur roues ; c'est ce que l'on appelle le frottement par roulement. Il faut en outre vaincre les frottements des fusées dans les coussinets, la résistance de l'air, celle due aux chocs, etc.; l'ensemble de ces résistances constitue la résistance en palier et en alignement,

Si l'on exerce sur la roue un effort tangentiel résistant F, celui-ci se transmet au rail qui exerce dès lors sur la roue une réaction égale à l'action. Cette réaction a une limite, comme nous l'avons déjà dit, et dans les cas où cette limite est dépassée, la roue cessera de tourner ou tournera en sens inverse.

La loi du mouvement est dès lors donnée par le théorème des forces vives qui nous donne pour un essieu seul l'équation suivante,

$$\frac{1}{2g}\left(P + p\frac{k^2}{R^2}\right)(v^2 - v_0^2) = \int (T - F - r)\,ds,$$

dans laquelle

P représente le poids total de l'essieu et de sa charge,
$p$ — — de l'essieu monté,
$k$ — son rayon de giration,
R — le rayon de la roue au roulement.

En différentiant et remarquant que $\frac{ds}{dt} = v$, nous obtenons

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{k^2}{R^2}\right)\frac{dv}{dt} = T - F - r,$$

en faisant $F = 0$ nous retombons sur l'équation trouvée précédemment. Si F est différent de 0, $r$ est négligeable vis-à-vis de lui, dans les cas où l'on se place en palier et en alignement, comme on pourra s'en rendre compte en comparant leurs valeurs. Dorénavant nous nous placerons dans ces conditions de profil et de tracé (palier et alignement).

Lorsque l'on effectue les arrêts, le régulateur est ordinairement fermé, nous ferons alors $T = o$ et l'équation devient

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{k^2}{R^2}\right)\frac{dv}{dt} = -F.$$

*Examen de la force retardatrice.* Tant que F ne surpasse pas l'adhérence, sa valeur est réellement F ; mais après que F aura dépassé la valeur de l'adhérence, comme nous l'avons déjà dit, la roue cessera de tourner ou elle tournera en sens contraire du mouvement du train et nous allons alors examiner ce qui se passe.

Supposons d'abord que la force retardatrice F soit produite par un mécanisme tel que la contre-vapeur : tant que la roue tournera dans le sens du mouvement, le travail résistant dans l'unité de temps est égal à $Fv$, $v$ étant la vitesse de translation. Lorsque la roue est calée, le travail résistant sera $f_2 Pv$, $f_2$ étant le coefficient de frottement de glissement à la vitesse $v$.

Si la roue tourne en sens contraire, le travail existant sera $f'_2 Pv$, $f'_2$ étant le coefficient de frottement de glissement à la vitesse $V + v$, V étant la vitesse de rotation de la roue et $v$ la vitesse de translation. En consultant le tableau qui donne les valeurs des coefficients de frottement on voit que ce coefficient décroît à mesure que la vitesse augmente, ce travail est donc plus faible que lorsque la roue est calée.

Supposons maintenant que la force retardatrice F soit produite par le frottement d'un sabot contre la roue, ce qui

est le cas le plus usuel. Le sabot exerçant contre la roue une pression Q la force retardatrice $F = f_1 Q$, $f_1$ étant le coefficient de frottement entre les deux surfaces ; il varie avec la vitesse.

La condition $F < A$ à remplir pour que le calage ne puisse s'effectuer se traduit alors par

$$f_1 Q < f_3 P.$$

$f_3$ étant le coefficient d'adhérence. Ce dernier coefficient constant pour un état donné du rail ; on peut le concevoir facilement, car le point de contact entre la roue et le rail étant centre instantané de rotation, le frottement a lieu à une vitesse nulle. Le coefficient d'adhérence est donc le coefficient de frottement de glissement à une vitesse nulle.

Nous avons représenté sur la Pl. XIII, *fig.* 11, les valeurs de

$f_1$ coefficient de frottement entre le sabot et la roue,
$f_2$ — — de glissement de la roue sur le rail,
$f_3$ — d'adhérence.

aux différentes vitesses, et nous indiquerons tout à l'heure comment ils ont été déterminés.

En se rapportant à ces valeurs on voit immédiatement que pour une valeur de Q, s'approchant même de loin de celle donnée par l'équation

$$f_3 P = f_1 Q,$$

on a toujours $f_1 Q > f_3 P$. Le travail résistant est donc plus considérable en évitant le calage.

L'expérience a d'ailleurs montré que la force retardatrice est la plus grande lorsque les roues sont sur le point d'être calées.

*Expériences de M. le capitaine Douglas Galton.* Dans le courant de l'année 1878, au moment où la question des

freins continus était déjà entièrement à l'ordre du jour en Angleterre, M. le capitaine Galton entreprit dans ce pays une série d'expériences dans le but de déterminer la pression nécessaire pour obtenir la force retardatrice maxima et le temps nécessaire pour amener les sabots des différents systèmes de freins à agir sur les diverses parties d'un train.

M. le capitaine Galton en a fait l'objet de deux communications à l'*Institution of Mechanical Engineers*. Ces expériences sont consignées dans les *Procedings* de cette société ; aussi nous nous bornerons à les résumer rapidement et à faire connaître ensuite les résultats qui ont donné des chiffres précieux sur la valeur des divers coefficients de frottement dont nous venons d'indiquer théoriquement le rôle.

La majeure partie de ces expériences furent effectuées sur le *London Brighton and South Coast Railway*, avec un fourgon dynamométrique construit par les soins de M. Stroudley, ingénieur en chef de cette compagnie. Elles furent accompagnées de quelques expériences comparatives entre les freins Westinghouse et Smith-Hardy sur le *North Eastern Railway.*

Nous allons maintenant décrire succinctement ce fourgon. Il renferme trois dynamomètres auto-enregistreurs fondés sur le principe suivant : la force à mesurer agit sur la tige d'un piston situé dans un cylindre plein d'eau et la pression exercée est mesurée au moyen d'un indicateur Richard, communiquant par un tuyau avec chaque cylindre grâce au mouvement de rotation du tambour de l'indicateur ; on obtient ainsi les diagrammes donnant à chaque instant l'intensité de la force agissant sur le piston.

Les avantages de cette méthode sont faciles à comprendre; l'indicateur peut être reporté en un point quelconque du fourgon et l'incompressibilité de l'eau tend à placer le crayon dans une position due à l'action seule de la force

à mesurer. Du reste, ces cylindres sont construits de manière à avoir le moins de frottements possible.

Un premier dynamomètre, relié aux barres de suspension des sabots de frein, enregistrait ainsi la force retardatrice $t$ due à ceux-ci.

Un second, relié à la tige du cylindre du frein, donnait la pression P sur les sabots.

Un troisième, relié à la barre de traction, donnait les efforts de traction.

Enfin un indicateur inscrivait les carrés des vitesses.

On obtenait ainsi des diagrammes de la forme représentée *fig.* 8, Pl. XIII.

On voit facilement qu'on peut tirer de là avec un nombre suffisant d'expériences la valeur des coefficients de frottement aux différentes vitesses. Nous allons d'abord donner les chiffres obtenus par M. Galton et nous reviendrons plus tard sur les autres conclusions qu'il a tirées de ces expériences.

*Expressions de $f_1$ coefficient de frottement entre le sabot et la roue.* — M. le capitaine Galton a trouvé dans le cas de sabots en fonte frottant sur des bandages en acier des chiffres qui peuvent se résumer dans le tableau suivant dressé par M. G. Marié, ingénieur au chemin de fer de Lyon, dans son rapport sur les expériences de freins effectuées à cette compagnie.

| Vitesses en kilomètres à l'heure. | Vitesses en mètres à la seconde. | $f_1$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0,33 |
| 10 | 2,77 | 0,27 |
| 20 | 5,55 | 0,23 |
| 40 | 11,10 | 0,17 |
| 60 | 16,66 | 0,14 |
| 80 | 22,22 | 0,11 |
| 100 | 27,77 | 0,07 |

Dans le cas de sabots en fer frottant sur des bandages n acier il a trouvé.

| Vitesses en kilomètres à l'heure. | $f_1$ |
| --- | --- |
| 85 | 0,110 |
| 50 | 0,130 |
| 25 | 0,170 |

Il a constaté en outre que le coefficient de frottement diminue de 1/3 environ au bout de 10 secondes d'application des sabots et de 1/2 au bout de 20 secondes d'application.

Dans tous les cas le coefficient de frottement est une onction de la vitesse. Nous nous occuperons spécialement du cas des sabots en fonte frottant sur des bandages en acier, ce qui est du reste le cas le plus répandu. En portant ces valeurs sur un tableau, on voit que, à part quelques points qui s'écartent un peu, ils se trouvent sur une courbe continue représentée en trait plein sur la *fig.* 8.

*Remarque.* — Pour introduire ce coefficient dans les formules, on pourrait chercher l'équation de la courbe $f_1 = \varphi_1(v)$ qui se rapproche le plus de cette courbe et l'introduire dans les calculs.

Afin de ne pas compliquer ces derniers qui n'en atteindraient pas pour cela une exactitude parfaite, car les valeurs ci-dessus ne sont qu'approchées, et le serrage ne s'effectue jamais d'une manière aussi uniforme et parfaite qu'on le suppose théoriquement, nous nous bornerons, pour montrer un exemple, à prendre pour $\varphi_1(v)$ une fonction linéaire dont l'équation est

$$f_1 = \varphi_1(v) = 0{,}330 - 0{,}0106\,v,$$

$v$ étant exprimé en mètres par seconde ; la droite représentée par cette équation se rapproche beaucoup de la

courbe expérimentale ; elle donne cependant des chiffres un peu plus élevés que ceux du tableau.

Dans un calcul rigoureux, il faudrait également tenir compte des variations du coefficient de frottement avec la durée du temps d'application des sabots ; pour donner un exemple nous admettons que cette diminution est proportionnelle au temps d'application et nous prendrons pour $f_1$ la valeur

$$f_1 = \varphi_1(v)\left(1 - \frac{t}{40}\right),$$

qui correspond à une diminution de moitié au bout de 20 secondes.

*Expression de $f_2$, coefficient de frottement de glissement.* — M. le capitaine Galton a déterminé les valeurs de ce coefficient avec des bandages en acier glissant sur des rails en acier et sur des rails en fer. Les nombres qu'il a obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

| Vitesses en kilomètres à l'heure. | COEFFICIENT DE FROTTEMENT des bandages en acier glissant | |
|---|---|---|
| | sur rails en acier. | sur rails en fer. |
| 0 | 0 | 0,250 |
| 10 | 0,09 | 0,095 |
| 20 | 0,07 | 0,073 |
| 40 | 0,06 | » |
| 60 | 0,05 | » |
| 80 | 0,04 | 0,060 |
| 100 | 0,03 | » |

Ce coefficient varie très peu avec le temps d'application des sabots.

Les chiffres correspondant au coefficient de frottement des bandages en acier sur rails en acier sont reportés sur le diagramme (fig. 11, pl. XIII). Entre les vitesses de 20 et 100 kilomètres à l'heure, ce coefficient peut être représenté par l'équation

$$f_2 = \varphi_2(v) = 0{,}080 - 0{,}0018\,v.$$

$v$ désignant la vitesse en mètres à la seconde

*Expression de $f_3$ coefficient d'adhérence.* — Ce coefficient est constant, comme nous l'avons déjà dit, et il est égal à 0,25 par un beau temps.

ARRÊT D'UNE VOITURE

Nous avons déjà vu que la loi de l'arrêt dans le cas d'un véhicule supposé en équilibre sur un seul essieu, qui est soumis à l'action d'une force retardatrice F, est donnée par l'équation :

$$\frac{1}{g}\left(P + p\,\frac{k^2}{R^2}\right)\frac{dv}{dt} = -F.$$

Cette loi reste constamment la même pour une voiture reposant sur deux essieux identiques soumis à l'action des forces retardatrices égales.

Nous avons vu également que lorsque la force retardatrice est produite par l'action d'un sabot exerçant sur les roues une pression Q, cette force retardatrice est exprimée par $f_1 Q$, $f_1$ désignant le coefficient de frottement entre le sabot et la roue, et qu'à partir du moment où l'on a $f_1 Q > f_3 P$, c'est-à-dire lorsque la force retardatrice surpasse l'adhérence la roue se calera. Il faut remarquer aussi que l'action d'un sabot ne peut jamais amener la rotation de la roue en sens inverse. Dans son remarquable travail, *Compte-rendu des expériences entreprises au chemin de fer du Nord pour l'essai comparatif du frein électrique de M. Achard et du frein à vide* (*), M. Vicaire dit en effet :

« Pour peu que cette limite (la limite $f_1 Q = f_3 P$) soit « dépassée, la différence des moments des deux actions

(*) *Annales des mines*, 2e vol. de 1880, p. 475.

« tangentielles détermine une accélération angulaire par « suite de laquelle la vitesse angulaire doit devenir nulle « au bout d'un temps plus ou moins long. Cette vitesse ne « peut pas devenir négative, en raison de la nature de « la force qui, étant un frottement, agit en sens « contraire du mouvement ; si celui-ci pouvait changer de « sens, il en serait de même du frottement du sabot qui « alors donnerait, un moment de même signe que celui du « frottement du rail. Lors donc que la vitesse est devenue « nulle, elle reste nulle indéfiniment, la roue est calée. La « réaction tangentielle du sabot s'abaisse alors tout d'un « coup pour devenir égale au frottement du rail, et c'est « ce qui fait que l'accélération angulaire négative dis- « paraît. »

Donc tant que l'on a la relation $f_1 Q < f_2 P$ la loi de l'arrêt est déterminée par l'équation.

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{k^2}{R^2}\right)\frac{dv}{dt} = -f_1 Q.$$

Nous examinerons plus loin le cas du calage.

Désignons par $x$ le rapport de la pression sur les sabots au poids sur roues, $x = \frac{Q}{P}$ ; l'équation devient alors

$$dt = -\frac{1}{g}\left(1 + \frac{p}{P}\frac{k^2}{R^2}\right)\frac{dv}{xf_1}.$$

*Application.* — Nous prendrons, pour P, 4 tonnes, chiffre correspondant à peu près aux voitures de première classe. Le poids des essieux varie entre 800 et 1000 kilogrammes, nous prendrons le poids moyen 900 kilogrammes.

*Expression de* $\frac{k^2}{R^2}$. M. Wood a déterminé expérimentalement la valeur de cette expression pour les roues à rais et il a trouvé 0,54.

Selon le désir de M. Vicaire et sur ma demande, M. Huillier, inspecteur principal des chemins de fer de l'Ouest, a

eu l'obligeance de répéter l'expérience de Wood sur deux essieux montés avec roues à centre plein du chemin de fer de l'Ouest et il a trouvé les nombres suivants :

Essieu monté avec roues à centre ondulé ayant 1m,30 de diamètre au roulement pesant 940 kilogrammes; valeur de $\frac{k^2}{R^2} = 0,52$.

Essieu monté avec roues à centre droit ayant 1m,008 de diamètre au roulement pesant 833 kilogrammes valeur de $\frac{k^2}{R^2} = 0,51$.

La valeur du terme $\frac{p}{P}\frac{k^2}{R^2}$ est donc de 0,01 environ.

Or la formule ci-dessus exprime la loi de l'arrêt d'une voiture soumise à l'action d'un frein et les résultats qu'elle donne sont ceux que l'on obtiendrait pour l'arrêt d'un train composé de voitures semblables soumises à des actions de freins identiques. Dans la pratique un train est rarement formé de voitures semblables, et il est difficile d'avoir le poids du train à 10 p. 100 près, en prenant un poids moyen de voiture. L'influence du terme de giration est donc combattue par l'incertitude qui règne sur le poids du train.

Tout en reconnaissant la faible influence de ce terme, nous introduirons sa valeur moyenne dans la formule qui devient alors

$$dt = -0,1082\,\frac{dv}{xf_1}.$$

Multipliant les facteurs 0,108 et $f_1$ par 1000 nous obtenons

$$dt = 108,2\,\frac{dv}{xf_1},$$

avec

$$f_1 = \varphi_1(v)\left(1 - \frac{t}{40}\right) \quad \text{et} \quad \varphi_1(v) = 330 - 10,6v.$$

Pour ne pas compliquer les calculs dès le début, nous né-

gligerons d'abord la variation du coefficient de frottement avec le temps d'application. Pour en tenir compte, nous n'aurons d'ailleurs plus qu'une équation du deuxième degré à résoudre avec les résultats que nous aurons obtenus d'abord avec l'équation

$$t = 108,2 \int \frac{dv}{x(3v_0 - 10,6)v},$$

d'où

$$t = \frac{108,2}{10,6x} \, l \, \frac{330 - 10,6v}{330 - 10,6v_0},$$

Cette relation $v = f(t)$ nous permettra de calculer l'espace parcouru par la relation $v = \frac{de}{dt}$ d'où $e = \int v\,dt$.

### *Examen de quelques cas particuliers.*

*Premier exemple.* $x = 1$ ou $Q = P$. La pression sur les sabots est égale au poids du véhicule.

La formule devient

$$t = 10 \, l \, \frac{330 - 10,6v}{330 - 10,6v_0},$$

nous prendrons pour vitesse initiale $v = 25$ mètres à la seconde ou 90 kilomètres à l'heure.

$$t = 10 \, l \, \frac{330 - 10,6v}{65}.$$

Nous obtenons ainsi les valeurs consignées dans le tableau ci-dessous et la courbe, (*fig.* 10, Pl. XIII).

| Vitesses. | Temps. |
|---|---|
| 25 | 0 |
| 20 | 6,0 |
| 15 | 9,5 |
| 10 | 12,3 |
| 5 | 14,4 |
| 0 | 16,0 |

L'arrêt aurait donc lieu au bout de 16 secondes.

Dans ce cas, à partir du moment où $f_1 = \varphi_1(v) = f_2 = \varphi_2(v)$ c'est-à-dire à partir du moment où le coefficient de frottement entre le sabot et la roue est égale au coefficient d'adhérence soit vers $v = 4^m,2$ à la seconde ou 15 kilomètres à l'heure, le calage commence et les faits ne se passent plus de la même manière, la valeur de la force retardatrice change.

Nous pourrions étudier la période de calage sur cet exemple, mais pour l'étudier plus nettement nous la réservons pour l'exemple suivant.

*Deuxième exemple.* $x = 3$ ou $Q = 3$ P. La pression sur les sabots est égale à trois fois le poids du véhicule.

Nous supposons toujours la même vitesse initiale $v_0 =$ 25 mètres à la seconde ou 90 kilomètres à l'heure.

L'équation devient

$$t = \frac{108,2}{10,6 \times 3}\, l\, \frac{330 - 10,6\,v}{65},$$

Pour les mêmes vitesses les temps sont trois fois moindres que dans le cas précédent, ce qui est très rationnel tant que l'on a $x\varphi_1(v) < \varphi_2(v)$ et dans ce cas l'on obtient les nombres suivants

| Vitesses. | Temps. |
|---|---|
| 25,0 | 0 |
| 23,2 | 1,0 |
| 20,0 | 2,0 |
| 15,0 | 3,2 |

mais dès que $3\varphi_1(v) = \varphi_2(v)$, c'est-à-dire pour $v = 23^m,2$ la période de calage commence et le temps nécessaire pour l'atteindre est 1 seconde.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, le calage de la roue est déterminé par l'accélération angulaire négative

résultant de la différence des moments des forces agissant sur la roue. Ces forces sont d'un côté la force due au frottement des sabots $f_1 Q$, de l'autre la réaction du rail qui a pour limite l'adhérence $f_2 P$.

Dans le passage du roulement pur et simple au glissement la roue passe par une période transitoire dans laquelle il y a roulement et glissement.

Jusqu'au calage complet la vitesse de translation est déterminée par l'équation

$$dt = 0{,}108 \frac{dv}{x\varphi_1(v)},$$

après le calage elle sera donnée par

$$dt = 0{,}108 \frac{dv}{x\varphi_2(v)}.$$

Pendant la période de transition la loi du mouvement de la roue est de force par l'équation.

$$\frac{1}{g} p \frac{k^2}{R^2} \frac{dv}{dt} = (\rho - f_1 Q),$$

$\rho$ désignant la réaction du rail ; or, comme on doit le comprendre dans cette période la réaction du rail dépend à la fois de la vitesse de translation du train qui est bien déterminée et de la vitesse de rotation de la roue, elle est donc assez indéterminée et nous ne pousserons pas plus loin le calcul, qui est cependant suffisant pour permettre de concevoir que cette période de transition a une durée sensible quoique de courte durée, comme nous le verrons tout à l'heure.

*Non-calage.* — Pour réaliser le non-calage il faut à chaque instant une valeur de $x$ telle que.

$$x\varphi_1(v) = f_2 = \varphi_2(v).$$

Nous voyons que la valeur de $x$, rapport de la pression

sur la jante à la charge sur roues décroît avec la vitesse ; elle varie entre 3,5 pour une vitesse de 100 kilomètres à l'heure à 0,7 pour une faible vitesse.

Cette valeur peut du reste être représentée par une courbe dont les ordonnées sont les inverses de $\varphi_1(v)$.

L'équation devient alors dans ce cas

$$t = -108{,}2\int \frac{dv}{\varphi_2(v)} = \frac{108}{250}(v_0 - v).$$

En admettant toujours une vitesse initiale $v_0 = 25$.

$$t = 10{,}8 - \frac{108}{250}v.$$

L'arrêt peut être effectué en 10,8 soit 11 secondes.

$$v = \frac{250}{108}(10{,}8 - t) = 25 - \frac{250}{108}t.$$

d'où

$$e = 25t - \frac{1}{2}\frac{250}{108}t^2.$$

L'arrêt s'effectuant en 10″,8, la longueur de l'arrêt est

$$e = 25 \times 2{,}8 - \frac{1}{2}\frac{250}{10} \times 10{,}8,$$
$$e = 135 \text{ mètres.}$$

*Remarque* I. — Dans le cas où nous admettrions pour le coefficient de frottement la valeur

$$f_1 = \varphi_1(v)\left(1 - \frac{t}{40}\right),$$

l'équation devient

$$t - \frac{t^2}{80} = 10{,}8 - \frac{108}{250}v.$$

l'arrêt s'effectue alors en 13 secondes.

On en tire

$$v = \frac{250}{108}\left(-t + \frac{t^2}{80} + 10{,}8\right).$$

La distance parcourue avant l'arrêt

$$e = \frac{250}{108}\left(\frac{t^3}{3 \times 80} - \frac{t^2}{2} + 10,8t\right) = 25t,$$

dans ce cas particulier

$$e = \frac{250}{108} 15 = 150 \text{ mètres.}$$

*Remarque* II. — Nous venons de voir qu'au point de vue des meilleurs arrêts il est bon d'éviter le calage ; que dans ce but en adoptant la relation $x\varphi_1(v) = \varphi_2(v)$, la force retardatrice était $\varphi_2(v)$P ou $f_2$P ; tandis que pendant la période de calage la force retardatrice est $f_2$P. En jetant un coup d'œil sur les courbes représentant la valeur de ces coefficients de frottement, nous verrons immédiatement que le calage à grande vitesse est très nuisible à la rapidité des arrêts, tandis qu'il est de peu d'importance à faible vitesse, si on se place toujours au même point de vue.

*Remarque* III. — Nous pouvons rendre compte de la valeur des forces qui produisent l'arrêt d'un train en mouvement.

La force vive d'un train est comme nous l'avons vu

$$\frac{1}{g}\left(P + p\frac{k^2}{R^2}\right)(v^2 - v_0^2).$$

Le travail résistant est $\int F\,ds$.

Nous venons de voir que nous ne pouvions pas dépasser certaine valeur pour F exprimée par $f_2$ P ; cette valeur varie évidemment avec le coefficient d'adhérence, qui est de 1/4 par un beau temps.

Il y a donc une limite théorique à la rapidité des arrêts, c'est la résistance du point d'appui que l'on prend sur le rail.

*Remarque* IV. — Nous voyons que si l'on observe la relation $x\varphi_1(v) = \varphi_2(v)$ l'intégrale $\int \frac{dv}{x\varphi_1(v)}$ est toujours la même, quelle que soit la relation $\varphi_1(v)$ c'est-à-dire indépendante de la valeur du coefficient de frottement du sabot contre la roue.

### EXAMEN DES CONCLUSIONS DE M. LE CAPITAINE GALTON

1. L'application des freins aux roues, lorsque le calage n'a pas lieu, ne semble pas retarder la vitesse de rotation des roues.

Le mot calage indique que la vitesse de rotation des roues n'est plus égale à la vitesse de translation du train ; nous avons vu quelle était la force maxima que l'on pouvait appliquer sur la jante pour éviter le calage.

2. Il y a toujours entre le moment du commencement du calage partiel et le calage total un intervalle de temps appréciable durant lequel la vitesse de la roue décroît graduellement.

Il a été trouvé expérimentalement que cet intervalle de temps était d'environ 3 secondes à la vitesse de 96 kilomètres à l'heure.

3. La résistance creée par l'application des freins sans le calage des roues est beaucoup plus grande que celle créée par le calage.

Nous avons vu qu'en général $Q\varphi_1(v)$ est plus grand que $P\varphi_2(v)$, excepté peut-être aux très petites vitesses.

4. Pendant la période qui précède immédiatement le calage, la force retardatrice croît beaucoup au delà de celle qui existait avant cette période, comme le montre la *fig.* 8.

A ce moment là, la vitesse de rotation de la roue décroît très rapidement, par conséquent le coefficient de frottement entre le sabot et la roue et, par suite, la force retardatrice croissent très rapidement.

5. La pression exigée pour caler les roues est beaucoup plus grande que celle qui est nécessaire pour les maintenir calées ; il semble y avoir une relation entre le poids sur roues, l'adhérence et la vitesse.

La pression Q nécessaire pour caler les roues est limitée par l'inégalité $f_1 Q > f_3 P$ ; lorsque la roue est calée, le sabot ne glisse plus sur le bandage ; la valeur de $f_1$ est donc beaucoup moindre dans le premier cas que dans le second.

### ARRÊT D'UNE VOITURE NON SOUMISE A TOUTE LA PUISSANCE DE FREIN.

Nous allons prendre comme exemple une voiture à trois essieux dont deux seulement sont munis de frein, comme c'est le cas au chemin de fer de Lyon.

La loi de l'arrêt est alors donnée par la formule

$$t = \frac{1}{g}\left(\frac{P + p\frac{k^2}{R^2}}{P_1}\right)\int \frac{dv}{x\varphi_1(v)},$$

dans laquelle

$P_1$ désigne le poids soumis à l'action du frein,
$P$ le poids total de la voiture,
$p$ le poids d'un essieu monté.

$$p\frac{k^2}{R^2} = 250 \text{ environ};$$

nous prendrons 4 tonnes de charge par essieu, par exemple

$$P + 3p\frac{k^2}{R^2} = 12.000 + 750 = 12.750,$$

$$t = \frac{1.275}{8}\int \frac{dv}{xf_1}.$$

Nous allons d'abord nous placer dans les meilleures conditions d'arrêt en supposant que le coefficient de frottement

varie seulement avec la vitesse $f_1 = \varphi_1(v)$ ; nous prendrons la relation $x\,\varphi_1(v) = \varphi_2(v)$ et nous avons

$$t = \frac{275}{8}\int\frac{dv}{\varphi_2(v)} = \frac{275}{8}\int\frac{dv}{250}.$$

Nous supposerons toujours $v_0 = 25$ mètres ou 90 kilomètres à l'heure

$$t = \frac{1275}{8}\,\frac{1}{250}(25 - v) = \frac{1275}{80}\left(1 - \frac{v}{25}\right) = 16\left(1 - \frac{v}{25}\right).$$

Le temps de l'arrêt est donc de 16 secondes.

Nous allons chercher la longueur parcourue avant l'arrêt

$$\frac{16v}{25} = 16 - t,$$

$$v = \frac{25}{16}(16 - t),$$

$$e = \frac{25}{16}\left(16t - \frac{t^2}{2}\right),$$

d'où

$$e = 200 \text{ mètres.}$$

Si nous admettons pour $f_1$ la valeur $f_1 = \varphi_1(v)\left(1 - \frac{t}{40}\right)$ en supposant la relation $x\,\varphi_1(v) = \varphi_2(v)$ toujours remplie

$$t - \frac{t^2}{80} = 16\left(1 - \frac{v}{25}\right).$$

La durée de l'arrêt est donc de 22 secondes.

La longueur de l'arrêt sera donnée par

$$v = \frac{25}{16}\left(16 - t + \frac{t^2}{80}\right),$$

$$e = \frac{25}{16}\left(16t - \frac{t^2}{2} + \frac{t^3}{3 \times 80}\right),$$

la durée de l'arrêt étant de 22 secondes, sa longueur sera de 250 mètres.

Nous voyons immédiatement que, pour que l'arrêt se fasse

le plus promptement possible, il faut que le coefficient

$$\frac{P \times p \frac{k^2}{R^2}}{P_1}$$

soit le plus petit possible, c'est-à-dire que $P_1$ soit, maximum, égal à P.

Dans le cas où $P_1 < P$, la force retardatrice est en réalité

$$P_1 \times x \varphi_1(v) + Pr,$$

dans laquelle $r$ désigne la résistance ordinaire des trains.

Dans le cas où $P = P_1$ la force retardatrice est $P(x\varphi_1(v) + r)$, mais la valeur de $r$ est négligeable par rapport à $x\varphi_1(v)$.

Désignons la force retardatrice $P x \varphi_1(v)$ par F.

Dans le cas où $P - P_1$ n'est pas très grand, le terme $Pr$ est négligeable et la force retardatrice peut encore s'exprimer par

$$P_1 x \varphi(v) = F_1.$$

Si l'on connaît $F_1$, on peut avoir approximativement la force retardatrice F qui s'exercerait dans le cas où toutes les roues sont munies de frein.

On a en effet

$$\frac{F}{P} = \frac{F_1}{P_1}, \quad \text{d'où} \quad F = F_1 \frac{P}{P_1}.$$

Dans le cas où le terme $P - P_1$ est très grand par rapport à $P_1$, il faut tenir compe du terme $Pr$ qui atteint un chiffre qui n'est plus négligeable ; l'égalité devient alors

$$\frac{F}{P} = \frac{F_1 - Pr}{P_1}.$$

La valeur que F que l'on obtiendrait d'après l'équation précédente serait trop forte.

*Remarque.* — Il est assez simple, d'ailleurs, d'avoir la force F qui agit sur un train.

Le théorème des forces vives donne

$$\frac{1}{2}M(v^2 - v_0^2) = \int F\,dx,$$

d'où

$$\frac{1}{2}M\frac{dv^2}{dx} = F.$$

En construisant cette courbe ayant pour abscisses les distances et pour ordonnées les carrés des vitesses, le coefficient angulaire de cette courbe est proportionnel à F ; si le coefficient angulaire est positif, la force est accélératrice ; s'il est négatif, elle est retardatrice.

Dans le dernier cas, connaissant la force retardatrice F, en enlevant les résistances dues au profil et au tracé de la voie (pentes, rampes, courbes, etc.), les résistances dues au roulement, nous aurons la force retardatrice due à l'action du frein, en supposant le régulateur fermé.

En divisant le chiffre obtenu par le tant pour cent de poids de train muni du frein, nous aurons pour cette force retardatrice due à l'action des freins des résultats comparables.

Le capitaine Galton, dans ses expériences, a construit cette courbe pendant la durée du parcours de l'arrêt, au moyen de l'indicateur de vitesse Westinghouse.

Dans la pratique on évalue la force retardatrice moyenne entre deux vitesses $v_1$ et $v_2$ en parcourant un espace $e$

$$\frac{1}{2}M(v_1^2 - v_2^2) = -F \times e.$$

Or

$$M = \frac{1}{g}\left(P + \Sigma p\frac{k^2}{R^2}\right).$$

En opérant sur toute la durée de l'arrêt on a

$$\frac{1}{2}Mv_0^2 = F \times l.$$

$l$ étant dans la longueur de l'arrêt

$$F = \frac{1}{2}\frac{Mv_0^2}{l}.$$

Ce mode d'évaluation n'est sensiblement exact que dans le cas où la courbe $f\,(x,\,v^2)$ est à peu près une droite, ce qui arrivait souvent dans les expériences du capitaine Galton.

F comprend les forces dues à la résistance du profil, des frottements et des freins.

En tenant compte seulement des pentes ou rampes, on a pour la force retardatrice propre des freins

$$F = \frac{1}{2}\frac{Mv_0^2}{l} \pm 100i,$$

$i$ désignant l'inclinaison des pentes ou rampes.

### FREINS CONTINUS

Nous venons de voir que pour obtenir les meilleurs arrêts au point de vue de la rapidité, il fallait autant que possible munir toutes les roues de frein ; on obtient alors ce que l'on appelle un *frein continu*. On réserve toutefois plus spécialement cette dénomination aux freins commandés par le mécanicien au moyen d'un organe spécial.

Dans ce cas, on dispose toujours d'un moteur quelconque sur le train et nous allons examiner la manière de l'utiliser afin d'obtenir les meilleurs arrêts.

*Examen d'un attirail de frein.* — Sur chaque paire de roues, il faudrait alors employer à chaque instant la force retardatrice maxima et éviter le calage, c'est-à-dire employer en même temps en tous les points du train la même valeur de $x$, rapport de la pression exercée sur les jantes au poids sur roues.

Il faudrait qu'à chaque instant la valeur de $x = \frac{Q}{P}$ soit constante sur toute la longueur du train.

Nous supposerons d'abord le poids de la voiture constant; l'inconvénient, résultant de cette hypothèse, sera d'ailleurs faible, car on opère généralement avec du matériel à voyageurs dont le poids mort est considérable.

Le moteur dont on dispose transmet la pression Q aux sabots au moyen d'un système de leviers, qui porte le nom d'attirail ou de timonerie, dont le rapport est K ; on a donc $Q = Kq$, $q$ étant la force produite sous chaque véhicule.

P étant supposé constant, il faut que Q soit constant ou $Kq$ constant.

Au moment où d'un point quelconque du train, on commande le serrage des freins, la force $q$ n'est pas égale à chaque instant en tous les points du train ; elle se propage graduellement.

La propagation est plus ou moins lente selon le système de freins employé. La manœuvre du moteur étant située généralement en tête, la force $q$ diminue de la tête vers la queue ; dans le cas où cette graduation est sensible il faudrait — pour remplir la condition ci-dessus énoncée, $Kq$ constant — que K, c'est-à-dire le rapport des bras de levier, augmente en allant de la tête vers la queue. Mais un train est composé d'une série d'éléments renouvelables et changeant à chaque instant de position dans le train ; il faut donc que chaque véhicule ait un appareil *indépendant de sa position dans le train*, il faut que K soit déterminé, fixé pour chaque véhicule; nous supposerons donc $q$ constant pour chaque véhicule.

Or nous avons constamment $Q = Px$ ou $Kq = Px$.

Comme K et P sont constants pour chaque véhicule, comme $x$ et $q$ sont constants à chaque instant sur toute

l'étendue du train, $\frac{K}{p}$ est constant d'un véhicule à l'autre, c'est-à-dire que le rapport des bras de levier de l'attirail du frein est proportionnel au poids sur roues.

Le poids sur roues dépend évidemment de la charge du véhicule, en réalité il n'est donc pas constant comme nous l'avons supposé; mais il paraît difficile de faire intervenir cette charge variable dans l'action du frein. On pourrait peut-être faire manœuvrer des organes mus par cette charge variable, les ressorts de suspension par exemple ; mais dans l'état de choses actuel la recherche de cette exacte proportionnalité serait peut-être puérile, vu l'imperfection même du mécanisme des freins.

La proportionnalité des bras de levier au poids sur roues a surtout une grande importance dans les machines.

En admettant que la charge sur roues est proportionnelle aux bras de leviers, on voit immédiatement l'inconvénient résultant de l'usure inégale des sabots dépendant d'un même attirail ; les sabots supportant le plus de pression s'usent plus vite que les autres et, s'ils ne sont pas convenablement réglés, peuvent rester sans fonctionner jusqu'à usure égale des sabots qui travaillent le moins.

On voit qu'il est nécessaire d'avoir un réglage constant des sabots; dans les machines, où l'inconvénient se manifeste le plus, il est peu grave; car les appareils sont constamment sous les yeux des mécaniciens; dans le matériel roulant, l'inconvénient est moins sensible, les essieux d'une même voiture ayant à peu près la même charge; il est cependant très défectueux lorsqu'il se produit, et dans ce but on peut employer un attirail de frein non invariablement lié aux châssis et dont le jeu et la liberté même n'impliquent pas aux sabots les conditions de s'user bien également pour qu'ils puissent tous fonctionner en même temps d'une manière convenable pendant un temps assez long.

Nous pouvons examiner en passant le cas d'une machine

à roues accouplées au point de vue du mécanisme du frein. Parmi les roues accouplées il suffit qu'une seule soit munie de frein, le travail résistant est alors considérable et théoriquement le même que si toutes les roues accouplées sont munies de freins ; mais les bielles d'accouplement sont fatiguées dans l'effectuation de ce travail résistant sur les roues non munies de frein, de plus les bandages s'usent inégalement.

Dans l'attirail d'un frein il est bon d'éviter les dispositions où les sabots serrent par entraînement, car alors la pression exercée sur les sabots ne dépend pas seulement de la force créée par le moteur, l'entraînement contribue en totalité ou en partie à la création de la pression sur les sabots. En outre les freins par entraînement sont difficilement desserrables, et nullement modérables.

Dans un bon attirail les sabots doivent pouvoir s'approcher des roues le plus vite possible ; ils devraient être maintenus le plus près possible des roues, quelles que soient les conditions de charge dans lesquelles se trouve le véhicule, et il faut demander leur réglage le moins souvent possible.

Il y a deux modes de suspension des sabots : suspension au châssis, suspension sur les boîtes à graisse.

La suspension au châssis peut avoir l'inconvénient de transmettre des trépidations au véhicule si on ne prend des dispositions spéciales pour les amortir ; en outre la disposition même peut tendre à faire basculer la caisse. Il suffit de jeter les yeux sur la *fig.* 9, Pl. XIII, représentant un frein à 8 sabots suspendus au châssis.

Les points de support étant disposés comme ils sont représentés sur cette figure, on voit que le couple tendant à faire basculer la caisse vers l'arrière est

$$f_1(P'l' - Pl).$$

P' et P étant les pressions respectives sur les sabots externes et intérieurs.

Si $P' = P$, $l'$ étant plus grand que $l$, le mouvement de bascule est inévitable ; si $P'l' = Pl$ le mouvement n'a pas lieu ; mais puisque $P' < P$ il y a tendance à l'écart des plaques de garde, et en outre si les boîtes à graisse ont du jeu dans leurs plaques, une des joues des plaques de garde travaille plus que l'autre.

Avec un système de freins quelconques, au moment de l'arrêt il tend à se produire un mouvement de bascule vers l'avant qui est du reste facile à comprendre ; en retardant vivement le châssis et les roues, la caisse de la voiture qui n'est reliée à ce dernier que par quelques points, très mobiles dans les voitures à suspension intermédiaire entre caisse et châssis, tend à suivre le mouvement auquel tout le train était soumis, et son centre de gravité soumis à cette force d'impulsion tend à se porter vers l'avant ; c'est un déplacement de la caisse par rapport au châssis et aux roues.

On voit immédiatement que ce mouvement vers l'avant est compensé en partie dans la suspension des sabots au châssis par le mouvement de bascule en arrière produit par le système même d'attirail du frein.

Ce système de disposition des sabots compenserait surtout le déplacement vers l'avant du châssis par rapport aux roues qui peut s'effectuer grâce à la mobilité des menottes en agissant sur les ressorts de suspension.

## EXAMEN DU MOTEUR.

Il nous reste maintenant à examiner le moteur destiné à mettre ces attirails en action.

On dispose d'une force quelconque placée en un certain point du train, généralement sur la machine, et il faut distribuer cette force sous les divers véhicules.

On peut opérer la distribution de cette force de deux manières essentiellement distinctes :

1° Distribuer la force qui doit produire le serrage à chaque instant sous les divers véhicules du train, et n'avoir recours à son emploi qu'au moment du serrage ; c'est ce qui est réalisé dans presque tous les systèmes automatiques ; et on entend généralement par frein automatique, un frein qui se serre en cas de rupture d'attelage.

2° Distribuer la force qui doit produire le serrage au moment même où l'on a recours à cette force pour serrer les freins ; c'est ce qui a généralement lieu dans les systèmes non automatiques.

*Systèmes automatiques.* — Pour mettre en action la force emmagasinée sous chaque voiture on peut se servir de n'importe quel agent de transmission ; la plupart du temps on se sert de celui qui crée la force motrice sous les voitures ; le travail nécessaire pour mettre la force de serrage en action consiste à mettre un organe assez faible en mouvement, généralement une valve ou un système de valves ; le travail que l'on doit développer ainsi étant faible peut se produire assez rapidement. La rapidité de son effectuation, par suite la transmission de la force aux sabots, dépend d'ailleurs de l'agent de transmission employé ; dans les appareils connus actuellement, la production de cette force, par suite la propagation du serrage, est assez rapide, mais elle est tout de même appréciable.

Le desserrage exige la création d'une force en sens inverse destinée à détruire la partie de la force emmagasinée qui a servi à produire le serrage ; cette dernière demande d'autant plus de temps pour être détruite qu'elle est plus grande.

*Systèmes non automatiques.* — Dans ces systèmes, on voit qu'il faut créer d'un seul coup la force de serrage que l'on crée peu à peu dans le système automatique ; le travail à produire à un moment donné est donc considérable, il

exige un certain temps pour être effectué, et le moteur étant généralement placé sur la machine, la propagation du serrage de la tête à la queue se fait plus lentement que dans le cas précédent. La rapidité de cette propagation dépend de beaucoup d'éléments entre autres de la puissance des appareils dont on se sert pour la création de cette force.

La destruction de cette force amenant le desserrage se produira généralement plus lentement aussi que dans le cas précédent.

Dans certains cas, les agents auxquels on a recours pour actionner les freins agissent directement sur les organes de serrage; dans d'autres cas, ils ne servent pour ainsi dire qu'à embrayer ces organes qui fonctionnent alors par le mouvement même du train.

Dans la première catégorie se rangent tous les freins pneumatiques et hydrauliques (systèmes Smith-Hardy, Westinghouse, Steel et Mac-Innes, Sanders, Wenger, Clayton, Barker, etc.).

Dans la seconde catégorie se placent le frein électrique (système Achard) qui prend son mouvement sur l'essieu, les freins mécaniques à chaîne Heberlein et Becker qui s'appuient sur le bandage ou le boudin du bandage, enfin le frein Guérin par l'intermédiaire des tampons.

Nous ne discuterons pas ici les avantages et les inconvénients de ces divers systèmes de freins.

Au point de vue des arrêts les plus rapides les freins automatiques semblent être les meilleurs, mais cette condition seule n'intervient pas pour faire un choix de frein; il faut tenir compte de celles qui sont imposées par le service pratique de l'exploitation, et que nous n'envisageons pas ici.

Nous avons vu que pour réaliser les arrêts les plus rapides, il fallait que le rapport $x$ entre la pression sur les bandages et le poids sur roues fût à chaque instant égal à $\frac{f_2}{f_1}$.

En admettant d'abord que $f_2$ et $f_1$ soient parfaitement déterminés, cette condition serait assez difficile à réaliser pratiquement. D'ailleurs ces quantités sont variables avec l'état du rail, de l'atmosphère, etc. Ainsi $f_1$ par un temps sec est représenté approximativement dans le cas de sabots en fonte agissant sur des bandages en acier par la courbe que nous avons tracée plus haut ; mais nous avons vu aussi que non seulement cette fonction est sensible aux variations du temps, mais diminue à mesure que le temps d'application des sabots sur les roues augmente. En est-il de même avec des sabots en bois? c'est ce que l'on ignore, et cependant les sabots en bois sont encore fort employés.

Le coefficient d'adhérence $f_2$ est-il réellement constant à toutes les vitesses ? tout le monde n'est pas d'accord sur ce point; ce coefficient peut être constant, mais la roue touche-t-elle constamment le rail aux différentes vitesses ?

Nous voyons donc que, dans ces conditions, il serait difficile de déterminer exactement la loi de variation du rapport $x$ ; mais il y a un point qui est hors de doute, c'est que la valeur de ce rapport décroît avec la vitesse ; de là la condition de *modérabilité* qui serait imposée aux freins continus par la rapidité même des arrêts, mais qui est en outre exigée par d'autres conditions prescrites par l'exploitation.

*Considérations générales sur l'arrêt d'un train soumis à l'action d'un frein continu.* — Théoriquement un train composé de voitures bien homogènes, sur lequel un frein agirait uniformément et simultanément sur toutes les voitures, devrait s'arrêter sans secousses ; les différences qui existent entre les divers véhicules et l'inégalité des pressions agissant sur les sabots font naître des réactions par l'intermédiaire des ressorts de choc et de traction. Les véhicules qui sont le moins retardés poussent ou traînent ceux qui le sont le plus; ceux qui le sont le plus retiennent ceux

qui le sont le moins, de là compression des ressorts de choc, tension des ressorts de traction. Ces ressorts sous l'action de ces forces plus ou moins grandes exécuteront selon leur constitution des oscillations plus ou moins vives qui se transmettront aux caisses et aux voyageurs. Il y a outre les secousses horizontales imprimées par les ressorts de choc et de traction et les secousses verticales ou trépidations produites par les ressorts de suspension, celles provenant du système de frein, des inégalités de la voie, etc.

Sans vouloir traiter actuellement cette question, qui mérite de faire l'objet d'une étude toute spéciale, nous dirons quelques mots des secousses horizontales. Elles varient en nature et en intensité avec le mode de composition des trains en voitures munies et voitures non munies de freins.

Dans les trains entièrement munis du frein l'action est toujours moins vive en queue qu'en tête, la queue étant moins retardée que la tête comprime les ressorts de choc et, lors de l'arrêt complet, les ressorts revenant à leur position primitive, exécutent le mouvement final de recul que tout le monde connaît, qui consiste en un faible soubresaut si les ressorts ont une flexibilité très faible, ou une série d'oscillations si cette flexibilité est grande ; dans ce dernier cas il peut même se produire des secousses assez violentes pendant la durée de l'arrêt.

On conçoit donc qu'il y ait avantage à employer des ressorts de faible flexibilité, de manière à réduire le plus possible le nombre et l'amplitude de ces oscillations. Du reste la secousse finale peut être évitée aux dépens de la distance parcourue pendant l'arrêt complet ; un desserrage même partiel avant la fin de l'arrêt rend la liberté à la tête du train et, en lui enlevant sa propriété d'obstacle, permet aux ressorts de prendre leur position normale avant la fin de l'arrêt et favorise ainsi un arrêt calme.

Dans les cas où le train n'est pas entièrement muni du frein, on peut concevoir que les secousses produites sont beaucoup plus violentes.

Dans ce qui précède nous nous sommes attaché à étudier les freins au point de vue de l'arrêt le plus prompt possible : c'est d'une grande importance; mais dans l'emploi journalier des freins continus on ne peut effectuer des arrêts très prompts, qui seraient par suite assez brusques.

Indépendamment des secousses qui se produisent, le voyageur éprouve un grand malaise dans un arrêt aussi brusque ; en effet le voyageur, animé de la même vitesse que la voiture et n'étant pas invariablement relié à elle, n'est pas soumis à l'action de la force retardatrice, il tend à continuer le mouvement imprimé au train et, selon le sens de sa banquette, il se trouve projeté en avant ou retenu contre le dossier de son siège. Dans le but d'éviter cet inconvénient, il est préférable de faire des arrêts plus longs et plus calmes, tout en ayant la faculté de recourir aux moyens extrêmes en cas de danger.

---

COMMISSION D'ÉTUDE

# DES MOYENS PROPRES A PRÉVENIR LES EXPLOSIONS DE GRISOU

DANS LES HOUILLÈRES

## ANALYSE SYNOPTIQUE DES RAPPORTS OFFICIELS SUR LES

# ACCIDENTS DE GRISOU EN FRANCE

DE 1817 A 1881,

DRESSÉE AU NOM DE LA COMMISSION

Par MM. JULES PETITDIDIER et CHARLES LALLEMAND,
Ingénieurs au corps des Mines.

(Deuxième fascicule.)

## NOTE PRÉLIMINAIRE.

Nous avons publié récemment (*) la *Statistique des accidents de grisou de la région houillère du Nord.* Le fascicule que nous livrons aujourd'hui à l'impression forme le commencement d'un travail analogue pour la région du Centre. Il comprend 97 accidents survenus dans les cinq concessions, aujourd'hui les plus importantes du bassin de la Loire, de Firminy et Roche-la-Molière, la Béraudière, Beaubrun, Montrambert et le Treuil. Bien que les enquêtes relatives aux explosions survenues en 1881 soient aujourd'hui terminées, nous n'avons pas cru devoir en faire figurer les résultats dans nos tableaux. Ceux-ci ont en effet, dès le principe, été arrêtés à la fin de l'année 1880, et il nous a paru préférable de conserver jusqu'au bout à notre travail son caractère d'unité.

Paris, le 1er septembre 1882.

(*) Voir *Annales des mines*, 1er vol. de 1882, p. 293.

# STATISTIQUE DES

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

#### 1. — Concession de

(Instituée par décret

| N°s d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 72 | 1817 8 et 9 Juin | Puits Latour. | 1 contusionné. | 3 dont 1 contusionné et 2 brûlés légèrement. | ? | ? | Aérage naturel presque insignifiant. Ralentissement de la ventilation par l'effet des fortes chaleurs qui régnaient à la surface. | Lampe à feu nu. | » |

Nota. — Les nombres suivis d'un *, dans la col. 6, correspondent au chiffre total des ouvriers occupés dans

# ACCIDENTS DE GRISOU *(Suite)*.

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

### Roche-la-Molière et Firminy.

du 11 Juin 1757).

| OBSERVATIONS |
| --- |
| 11 |

**Indications générales.** — La mine ne possédait qu'un seul puits, profond de 80$^m$, et prolongé à sa partie inférieure par deux descenderies parallèles, reliées de distance en distance par des traverses. L'aérage se faisait seulement par diffusion et sans courant régulier. La mine était d'ordinaire très-grisouteuse. Chaque matin un boutefeu descendait avant l'entrée des ouvriers et parcourait les chantiers avec une flamme nue, pour brûler le grisou qui s'y était accumulé.

**Circonstances de l'accident.** — Au moment où le boutefeu, parvenu à la recette inférieure du puits, sortait de la benne pour pénétrer dans l'intérieur des travaux, une forte explosion se produisit et le renversa. Le malheureux put se dérober aux flammes en se jetant dans le puisard. L'explosion se propagea jusqu'au jour en projetant dans les airs les bennes, les câbles et le chevalement extérieur. Un ouvrier, qui travaillait à la recette supérieure du puits, fut enlevé par la violence du courant et vint tomber à 100$^m$ au delà.

Le lendemain, des ouvriers ayant descendu, à l'aide d'une ficelle, une lumière au fond du puits pour reconnaître s'il y avait encore du gaz, une nouvelle explosion se produisit et brûla l'un d'eux, qui avait eu l'imprudence de se tenir à l'orifice afin de mieux examiner le phénomène. Un autre ouvrier, placé à une certaine distance, fut aussi légèrement atteint par la flamme et les débris projetés par l'explosion.

**Remarques particulières.** — Au moment de l'accident, il régnait une forte chaleur à la surface. On prenait à cette époque le grisou pour de l'hydrogène.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Un arrêté préfectoral du 16 juin 1817, approuvé par le Conseil général des mines, prescrivit :

1° La construction immédiate d'un foyer d'appel et d'une cheminée de 8$^m$ de hauteur au-dessus du puits. L'accès de la mine devait être interdit aux ouvriers jusqu'à l'achèvement de ce travail ;

2° La descente, deux fois par jour, d'une lumière au fond du puits, à l'aide d'une ficelle, pour provoquer l'explosion du grisou et l'empêcher ainsi de s'accumuler ;

3° L'installation dans le puits, sans le secours d'aucune lumière, d'un goyau d'aérage formé de caisses carrées en bois, de 0$^m$50 de côté, aboutissant d'une part au foyer d'appel et de l'autre à l'une des deux descentes, destinée à servir de retour d'air ;

4° La construction immédiate d'un ventilateur à bras de 2$^m$ de diamètre.

Ceci fait, on devait chercher à rentrer dans la mine sans lumière et avec des précautions spéciales ; on devait choisir, de préférence pour cela, la matinée d'un jour froid ; agiter avec un linge flottant, l'air des galeries à mesure que l'on avancerait ; déloger, à l'aide d'un ventilateur à bras, le grisou accumulé dans les culs de sac et les excavations ; se retirer ensuite, puis lancer en reconnaissance, à plusieurs reprises, à l'aide d'une ficelle et d'une poulie de renvoi, une lumière et une fusée, pour s'assurer qu'il n'y avait plus de danger d'explosion ; revenir enfin avec une flamme, la plus courte possible, tenue au milieu du courant d'air et dont on examinerait de temps en temps la couleur. On pousserait ensuite les deux descentes jusqu'à leur mise en communication avec un second puits.

Enfin, il était recommandé aux exploitants de faire construire le plus tôt possible des lampes du système Davy, en se conformant aux dispositions recommandées par le célèbre chimiste anglais.

la mine.

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

#### 1. — Concession de

| N° d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 73 | 1818 14 Février | Puits des Souchettes. — Grande couche. | 1 Brûlé. | » | 161* | 25.600 | » | Lampes à feu nu | » |
| 74 | id. 13 Mars | Puits Latour. — Grande couche. | 1 Brûlé. | » | id. | id. | » | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime qui n'avait pas attendu, avant de pénétrer dans son chantier, que le gouverneur l'eût visité. |
| 75 | id. 29 Mars | id. — id. | 1 Brûlé. | » | id. | id. | » | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui n'avait pas attendu la visite du gouverneur avant de pénétrer dans son chantier. |
| 76 | id. 2 Avril | id. | » | 3 Brûlés. | id. | id. | Aérage défectueux. | Lampe à feu nu. | Mauvaise direction des travaux. |
| 77 | id. 22 Août | id. — id. | » | 12 Brûlés dont 3 grièvement. | id. | id. | Chantier en recoupe, situé en dehors du courant d'air. | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui avait pénétré dans son chantier avec une lampe à feu nu, malgré la défense du gouverneur. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
| --- |
| 11 |
| **Indications générales.** — On n'employait dans cette mine que des lampes à feu nu. **Circonstances de l'accident.** — Un peu de grisou s'enflamma sur une lampe et brûla mortellement un ouvrier. |
| **Indications générales.** — Les ouvriers ne se servaient que de lampes à feu nu. Ils ne devaient toutefois pénétrer dans leurs chantiers qu'après la visite du gouverneur. **Circonstances de l'accident.** — Un mineur, étant entré le matin dans son chantier avant le passage du gouverneur, fut brûlé mortellement par l'explosion d'une petite quantité de grisou, qui s'était enflammé sur sa lampe à feu nu. |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, en pénétrant dans son chantier avec une lampe à feu nu, mit le feu à une petite quantité de grisou et fut mortellement brûlé. |
| **Circonstances de l'accident.** — Pas de renseignements. **Remarques particulières.** — Le foyer ainsi que les caisses d'aérage établis à la suite de l'accident des 8 et 9 juin 1817, étaient assez bien entretenus ; mais la répartition intérieure du courant d'air se faisait mal, les travaux n'étant pas conduits conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral du 16 juin 1817. Il en était déjà résulté un accident le mois précédent. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — Un délai de 8 jours a été accordé aux exploitants pour prendre les mesures de sûreté prescrites par l'arrêté du 16 juin 1817. En même temps, le Préfet de la Loire a été invité à assurer l'emploi de la lampe Davy dans toutes les mines grisouteuses du département. |
| **Circonstances de l'accident.** — Le gouverneur, en faisant la visite d'un chantier en recoupe situé en dehors du courant d'air, avait remarqué que le grisou marquait à la lampe. Il recommanda aux ouvriers de ne pas pénétrer dans ce chantier. Malgré cette défense, un piqueur y entra avec sa lampe à feu nu ; une explosion eut lieu et le brûla grièvement ainsi que deux de ses camarades. Neuf autres ouvriers furent brûlés légèrement. |

## A — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

### 2. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 78 | 1819 23 Avril | Puits Latour. — Grande couche. | » | 7 Brûlés. | 155* | 30.000 | » | Lampe à feu nu. | ? |
| 79 | 1827 13 Mars | Mine de la Fontaine | » | 1 Brûlé. | ? | ? | » | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui avait pénétré dans son chantier avant la visite du gouverneur. |
| 80 | 1831 21 Octobre | Puits Charles. | » | » | 96 | 28.412 | » | Foyer d'aérage mal éteint. | » |
| 81 | 1836 2 Juillet | Puits Osmond. — Grande couche. | 2 Brûlés. | » | 204 | 38.214 | » | Lampe à feu nu. | » |
| 82 | id. 4 Juillet | id. — id. | 4 Brûlés. | » | id. | id. | ? | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui avait pénétré dans son chantier avec une lampe à feu nu, malgré une défense formelle. |
| 83 | 1837 20 Novembre | id. — id. | 1 Brûlé. | » | 133 | 53.122 | » | » | Imprudence de la victime qui avait, malgré la défense, pénétré dans son chantier avec une lampe à feu nu. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
| --- |
| 11 |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier s'était absenté pendant quelques instants de son chantier. Lorsqu'il revint, le grisou s'enflamma à sa lampe à feu nu et le brûla ainsi que six de ses camarades. |
| **Indications générales.** — Le règlement de la mine défendait aux ouvriers de pénétrer dans leurs chantiers avant que le gouverneur eût préalablement visité ces derniers. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, en pénétrant dans son chantier avec une lampe à feu nu, mit le feu à une petite quantité de grisou et fût brûlé légèrement. |
| **Circonstances de l'accident.** — Après la sortie des ouvriers, une explosion de grisou se produisit. Les flammes s'engagèrent dans le puits, dont le chevalement et la toiture furent renversés ; des planches ainsi que les débris d'une benne furent projetés à plus de 100 mètres de distance. **Remarques particulières.** — Après l'accident on a retrouvé en grande quantité, dispersés sur une longueur de plus de 200$^{m}$, des cendres et du menu charbon. |
| **Indications générales.** — Le grisou se montrait dans la grande couche du puits Osmond, mais en si faible quantité qu'on n'avait pas cru devoir munir les ouvriers de lampes de sûreté. **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers pénétraient dans leur chantier avec une lampe à feu nu ; à peine étaient-ils arrivés au front de taille, qu'une explosion de grisou se produisit et les brûla mortellement. |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, en pénétrant dans son chantier avec une lampe à feu nu, mit le feu au grisou qui s'y était accumulé, il fut brûlé mortellement, ainsi que trois de ses camarades qui se trouvaient dans le voisinage. **Remarques particulières.** — Il avait été défendu de pénétrer avec des lampes à feu nu dans le chantier où a eu lieu l'accident. |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, en pénétrant dans son chantier avec une lampe à feu nu, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla mortellement. **Remarques particulières.** — Il était expressément défendu aux ouvriers de pénétrer dans le chantier où a eu lieu l'accident, sans être munis de lampes de sûreté. |

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. - BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'acci-dent. 2 | LIEU de l'acci-dent. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 84 | 1838 3 Juillet | Puits Latour. — Grande couche. | » | 1 Brûlé assez grièvement. | 161 | 63.343 | Obstruction accidentelle du courant d'air par suite d'un éboulement. | Lampe à feu nu. | » |
| 85 | 1842 18 Octobre | Puits Charles. — 13me couche. | 15 Brûlés | » | 189 | 63.104 | » | Lampe à feu nu. | Erreur dans le plan des travaux. |
| 86 | 1848 Février | Mine de Roche la Molière. | » | 1 Brûlé. | 500 | 87.718 | ? | Lampe à feu nu. | » |
| 87 | 1849 30 Décembre | id. | 1 Brûlé. | » | 590 | 121.003 | ? | Lampe à feu nu. | Inobservation des mesures de sûreté prescrites par un arrêté préfectoral antérieur |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Roche-la-Molière et Firminy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, en pénétrant dans son chantier avec sa lampe à feu nu, mit le feu à une certaine quantité de grisou qui le brûla assez grièvement.

**Remarques particulières.** — Le gaz s'était accumulé dans le chantier à la suite d'un éboulement qui avait eu lieu quelques instants auparavant.

---

**Indications générales.** — L'aérage général était satisfaisant. La mine possédait deux ouvertures : le puits Osmond et le puits Charles. Le grisou s'y montrait en abondance. Un arrêté préfectoral, du 24 mai 1842, y avait prescrit différentes mesures de précaution, et notamment l'emploi exclusif des lampes de sûreté.

**Circonstances de l'accident.** — On poussait une galerie inférieure d'avancement vers es anciens travaux de la Péchoire, envahis par l'eau, et, par précaution, on le faisait précéder par des trous de sonde de 4m de longueur. On avait constaté la présence du grisou dans cette galerie, et on y travaillait avec des lampes de sûreté. Dans la galerie supérieure, au contraire, on se servait de lampes ordinaires. On perçait dans cette dernière une descente, à peu près en face de l'extrémité du niveau inférieur; mais, par suite d'une erreur du plan, on croyait le fond de cette descente très-loin de l'avancement du niveau inférieur, tandis qu'on en était à 2m 50 seulement. Cette descente ayant rencontré un des trous de sonde percé antérieurement, un peu de grisou s'en échappa et vint prendre feu sur une lampe ordinaire; la flamme, entrant ensuite par le trou dans le niveau inférieur, l'envahit sur une longueur d'au moins 30m. — Quinze ouvriers, occupés à ce moment dans la mine, furent mortellement brûlés.

**Remarques particulières.** — Le matin de l'accident, le gouverneur avait visité tous les travaux avec une lampe de sûreté; il avait reconnu la présence du grisou à l'avancement de la galerie inférieure et avait défendu aux ouvriers d'y pénétrer. L'accident se produisit pendant qu'il faisait purger le chantier infesté, au moyen de sacs que l'on agitait.

Une erreur de 10m dans le plan des travaux a été la cause de cet accident : on croyait qu'une distance de 12m 50 séparait la descente de la galerie inférieure, alors qu'en réalité l'intervalle n'était que de 2m 50.

---

**Circonstances de l'accident.** — Inconnues.

---

**Indications générales.** — Depuis longtemps le grisou ne s'était plus montré dans les travaux. Les ouvriers y travaillaient avec des lampes à feu nu, bien que le gouverneur eût, dans la mine, des lampes fermées à sa disposition. Les chantiers n'étaient pas visités avec des lampes de sûreté avant l'arrivée des ouvriers, comme le prescrivait un arrêté préfectoral du 29 septembre 1835, relatif aux mines grisouteuses du département.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier qui travaillait à l'installation d'une nouvelle voie de roulage, pénétra avec sa lampe à feu nu dans une remontée voisine, longue de 8 à 10m, pour y prendre

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 2. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 88 | 1853 12 Septembre | Puits Charles. | » | 4 Brûlés grièvement. | 680 | 138.846 | Présence d'une cloche au toit d'une galerie abandonnée. | Lampe de sûreté ouverte. | Imprudence de l'une des victimes, qui avait ouvert sa lampe de sûreté et l'avait introduite dans une cloche du toit, où la présence du grisou était naturellement à craindre. |
| 89 | 1854 8 Janvier | Puits Neyron. | 1 Brûlé. | 7 Brûlés grièvement. | 850 | 206.789 | ? Dégagement de grisou, des parois du puits. | Lampe à feu nu. | Cause fortuite. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| un outil qui lui manquait. Une explosion de grisou se produisit et le brûla grièvement. Il mourut quelques jours après.<br>**Remarques particulières.** — Le chantier de l'explosion n'était pas très éloigné de la région où avait eu lieu le précédent accident. |
| **Circonstances de l'accident.** — Quatre ouvriers étaient occupés dans une galerie abandonnée du puits Charles. Trois d'entre eux la remblayaient ; le quatrième enlevait un peu de charbon restant. Ce dernier, voulant voir si le toit était assez solide pour lui permettre de continuer son travail, détamisa sa lampe de sûreté et l'introduisit dans une cloche du toit. Il détermina l'inflammation d'une petite quantité de grisou qui s'y trouvait, et fut renversé par l'explosion ; les trois autres ouvriers s'étaient jetés à terre. Tous quatre se relevèrent, étonnés d'avoir à peine été atteints ; mais, quelques secondes après, la flamme revint sur ses pas en tourbillonnant et les brûla grièvement. |
| **Circonstances de l'accident.** — Il existait, à 44$^{m}$ du fonds du puits Neyron et à 24$^{m}$ au-dessus de la surface de l'eau du puisard, un plancher sous lequel venaient s'amarrer les câbles guides. Ce plancher s'était à la longue recouvert d'une couche de 0$^{m}$ 50 de débris de charbon, tombés des bennes pendant l'extraction. Ces menus commençant à s'échauffer, deux chaîneurs avaient reçu l'ordre de déblayer le plancher. Ils avaient presque terminé ce travail lorsqu'une inflammation de grisou se produisit et les brûla grièvement, ainsi que quatre ouvriers et le gouverneur de nuit, qui les attendaient à la recette immédiatement au-dessus, pour remonter avec eux au jour. Le gouverneur de jour, qui venait de monter sur une benne à moitié pleine, et qui avait déjà atteint le milieu de la hauteur du puits, se vit tout-à-coup environné de flammes et fortement secoué par un violent coup d'air. Il reçut des brûlures graves à la tête et aux mains. L'une des deux premières victimes succomba le lendemain.<br>Les dégâts matériels furent presque insignifiants.<br>**Remarques particulières.** — Les bois arrachés du plancher indiquaient un effort dirigé de bas en haut. Le gaz avait dû s'accumuler au dessous de ce plancher, rendu presque étanche par l'épaisse couche de débris qui le recouvrait. Il s'était ensuite dégagé par les fissures de celui-ci, dès qu'elles avaient été mises à jour, et n'avait pas tardé à former un mélange détonant qui avait pris feu à la lampe d'un des ouvriers.<br>La quantité de gaz accumulé devait être très-faible, si l'on en juge d'après le peu d'importance des dégâts matériels.<br>L'origine même du gaz est restée plus incertaine. On a supposé qu'il avait pu se dégager de l'eau croupissante du puisard, où fermentaient des débris de toutes sortes et des matières organiques ; mais l'examen de cette eau et de la couche d'air immédiatement en contact n'a pas décélé la moindre trace de grisou.<br>On a supposé aussi que ce gaz pouvait provenir de la distillation lente et spontanée de la houille ; |

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 90 | 1855 30 Janvier | Puits Charles. | 2 Brûlés | 1 Brûlé grièvement. | 669 | 140.389 | ? Le grisou paraît n'avoir joué aucun rôle dans cet accident. | ? Poussières charbonneuses enflammées par le tirage d'un coup de mine. | » |
| 91 | id. 29 Août | id. — 3e couche. | 4 Brûlés | 3 Brûlés grièvement et contusionnés. | id. | id. | Arrêt de la ventilation pendant la durée du poste de nuit. | Lampe de sûreté détamisée. | Imprudence de l'une des victimes, qui avait pénétré dans un quartier dangereux avec sa lampe de sûreté détamisée. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Roche-la-Molière et Firminy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

mais un morceau de charbon frais, réduit en poudre et abandonné sous une cloche remplie d'air, sur un bain de mercure, pendant un mois, n'a pas dégagé de traces sensibles d'hydrogène carboné, bien que le onzième environ du volume d'air eût été absorbé.

On a supposé enfin que le gaz avait pu se dégager des couches de schistes et de houille traversées par le puisard, couches qui avaient donné du grisou pendant le fonçage. Cette dernière hypothèse a été admise comme la plus vraisemblable, bien que le fonçage remontât à cinq années, que les surfaces des roches n'eussent pas été revivifiées depuis et qu'enfin une inspection spéciale et soignée des parois à la lampe de sûreté, n'eût fait reconnaître aucun dégagement de gaz.

---

**Indications générales.** — L'aérage était passable. Les travaux en cul-de-sac étaient aérés au moyen d'un ventilateur placé au milieu du travers-banc parcouru par le courant d'air.

La couche était gazeuse ; aussi n'y employait-on que des lampes de sûreté.

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers étaient occupés à faire partir un coup de mine ; le gaz ne marquait pas à la lampe. La mèche fusante brûla en donnant des étincelles, sans allumer le grisou. Le coup de mine rata presque complètement ; mais, immédiatement après, une flamme parut ; elle parcourut 25ᵐ dans la galerie et 60ᵐ dans le travers-banc, où elle brûla mortellement un ouvrier. Les deux premiers mineurs furent également atteints grièvement ; l'un d'eux même mourut des suites de ses brûlures. Plusieurs de leurs camarades, qui se trouvaient dans une descente, à 10ᵐ du coup, n'eurent aucun mal.

**Remarques particulières.** — Une seule explosion a été entendue.

Le grisou paraît n'avoir joué aucun rôle dans cet accident. On a supposé que le coup de mine avait soulevé et enflammé des poussières charbonneuses.

---

**Indications générales.** — L'aérage était satisfaisant. L'air entrait par le puits Charles N° 1 et sortait par le puits Charles N° 2.

Le grisou se dégageait en abondance dans tous les travaux, et avec un crépitement très prononcé; mais il était entraîné au fur et à mesure dans des cornets en tôle, de 0ᵐ 20 environ de diamètre qui, du sommet de chaque remontée, le conduisaient jusque derrière une porte ménagée dans le retour d'air. Des ventilateurs à bras étaient, de plus, installés au pied de chaque remontée.

**Circonstances de l'accident.** — Un peu avant la reprise du poste de jour, et au moment où on venait de remettre en train la ventilation interrompue pendant le travail de nuit, un ouvrier, qui était occupé dans une galerie au rocher où l'emploi de la lampe à feu nu ne présentait aucun danger, pénétra, avec sa lampe de sûreté détamisée, derrière la porte établie dans le retour d'air. Le grisou, chassé des remontées où il s'était accumulé, et qui se dégageait à ce moment de l'extrémité des cornets, prit feu. L'inflammation se propagea de proche en proche dans l'intérieur des tuyaux, jusque dans une remontée où se trouvait un peu de gaz ; elle se répandit de là dans les galeries voisines, où elle atteignit mortellement 4 ouvriers, et jusqu'au puits N° 1 où elle en brûla encore grièvement deux autres. Elle atteignit d'autre part le puits N° 2, en renversant sur son passage la porte d'aérage, culbutant et brisant 8 bennes, et provoquant un éboulement considérable.

Cinq ouvriers, placés en dehors du courant d'air, n'éprouvèrent que des brûlures légères et un commencement d'asphyxie.

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

#### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 92 | 1857 17 Février | Puits Monterrad. — 3me couche. | » | 2 Brûlés très légèrement. | 505 | 169.864 | Suspension du travail dans une remontée abandonnée. | Lampe à feu nu. | » |
| 93 | id. 9 Mars | Puits St-Thomas. — Etage de 150m. | » | 1 Brûlé légèrement. | id. | id. | Remontée en cul-de-sac, aérée seulement par diffusion ainsi que les galeries adjacentes. | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime qui, malgré la défense, avait pénétré dans son chantier avec une lampe à feu nu. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Remarques particulières.** — Le sous-gouverneur, dans sa ronde précédente, n'avait reconnu de traces de gaz qu'au sommet d'une seule remontée.

La lampe de l'ouvrier qui a provoqué l'accident a été retrouvée sans treillis, sous l'éboulement qui s'était produit près de la porte d'aérage, à un mètre de distance de l'extrémité des tuyaux.

Le tamis a été retrouvé, d'autre part, accroché dans la galerie au rocher où travaillait cet ouvrier, qui a d'ailleurs avoué lui-même son imprudence.

On a pu recueillir en divers points, sur les montants des cadres de boisage, une sorte de croûte composée d'un coke léger provenant des poussières soulevées dans les chantiers et galeries, et en partie brûlées et agglutinées à la suite de l'explosion. On a supposé que ces poussières avaient dû aggraver les effets de l'inflammation et contribuer à la propager au loin. Des ouvriers placés très loin du foyer de l'explosion ont été en effet brûlés très grièvement ; tandis que d'autres, occupés dans des chantiers plus rapprochés mais situés en dehors du courant, ont été à peine atteints, — ce qui suppose que l'atmosphère n'était pas très chargée de grisou.

C'est à propos de cet accident que le rôle des poussières dans les explosions de grisou a été nettement signalé pour la première fois en France, par M. du Souich, alors Ingénieur en chef des mines à Saint-Etienne.

---

**Indications générales.** — Pas de renseignements sur l'aérage.

Le gaz ne s'était jamais montré dans les travaux de la 3$^{me}$ couche. — On n'y employait que des lampes à feu nu.

**Circonstances de l'accident.** — Un gouverneur et un ouvrier pénétrèrent, avec une lampe à feu nu, dans une remontée qui était abandonnée depuis 6 jours. Ils furent légèrement brûlés par une petite inflammation de grisou.

---

**Indications générales.** — Les travaux de reconnaissance d'une petite couche rencontrée dans le puits St-Thomas à la profondeur de 150$^{m}$, étaient peu développés. Ils n'avaient qu'une seule issue dans le puits et l'aérage s'y faisait mal. Aussi, bien que le grisou y fut très peu abondant, il n'avait pas tardé à se montrer aux fronts de taille en proportion suffisante pour rendre nécessaire l'emploi de lampes de sûreté dans les chantiers.

**Circonstances de l'accident.** — Un piqueur qui travaillait dans une remontée de 3 à 4$^{m}$ de longueur, l'avait abandonnée un instant pour aller prêter aide à quelques camarades. Au moment de son départ, il n'y avait pas de grisou dans le chantier. Quand il revint pour reprendre son travail, il négligea d'échanger la lampe à feu nu qu'il portait, contre sa lampe de sûreté accrochée au bas de la remontée. Un peu de gaz, qui s'était accumulé au front de taille pendant son absence, prit feu et le brûla légèrement.

L'explosion fut très faible. Les ouvriers du niveau, au bas de la remontée, ne furent pas atteints.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 94 | 1857 24 Mars | Puits Monterrad. | » | 1 Brûlé grièvement. | 505 | 169.864 | ? | Lampe à feu nu. | » |
| 95 | 1858 17 Mars | Puits Charles. | » | 1 Brûlé grièvement. | 524 | 169.010 | Remontée en cul-de-sac, aérée par diffusion. | Lampe de sûreté, dont le treillis avait été percé d'un coup de pic. | Imprudence de la victime, qui s'était aventurée dans la mine avec une lampe dont le tamis était détérioré. |
| 96 | Id. 11 Mai | Puits Adrienne | » | 1 Brûlé grièvement. | id. | id. | Insuffisance momentanée de ventilation dans une galerie envahie par les gaz résultant d'un récent incendie. | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe ordinaire dans un quartier dangereux. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — La présence du grisou avait été reconnue dans les remontées de ce quartier de la mine. L'emploi des lampes de sûreté avait été prescrit aux piqueurs, chargeurs et rouleurs qui les desservaient.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, à la recherche d'un outil, pénétra avec sa lampe à feu nu dans une amorce de remontée de 0m 50 de longueur, débouchant dans le niveau d'air. Il mit le feu à une *petite* quantité de gaz, qui le brûla légèrement.

**Remarques particulières.** — Le renouvellement continu de l'air qui se faisait, au bas de la remontée, dans le niveau d'aérage, dont la largeur atteignait 10m, et, d'autre part, le peu d'avancement du chantier lui-même n'ont pas permis d'expliquer la présence du mélange explosible.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — L'ingénieur de la mine a ordonné le même jour l'emploi exclusif des lampes de sûreté dans tous les travaux de cette région.

---

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier avait, dans son travail, percé maladroitement d'un coup de pic le treillis de sa lampe de sûreté. Sans se préoccupper de l'échanger, il se rendit, une demi-heure après, dans une remontée de 3 à 4m de longueur, pour y chercher un outil. Une petite quantité de gaz qui s'y trouvait, prit feu et le brûla légèrement. Il prit la fuite et se réfugia dans une remontée voisine ; mais la flamme l'y suivit et l'atteignit de nouveau

L'explosion fut très faible.

**Remarques particulières.** — Le courant d'air passait dans le niveau situé au bas de la remontée où s'est produit l'explosion ; ce qui explique le peu d'importance de celle-ci.

---

**Indications générales.** — On n'avait jamais constaté la présence du grisou dans ces travaux.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, à la recherche d'un outil, pénétra avec sa lampe à feu nu dans une galerie où un petit incendie s'était déclaré 15 jours au paravant. Au moment où il atteignait un batardeau élevé à une certaine distance de l'extrémité de la galerie, une explosion de grisou se produisit et le brûla grièvement.

**Remarques particulières.** — Le niveau dans lequel l'accident s'est produit, constituait la limite supérieure des travaux. A la suite d'un petit incendie qui s'y était déclaré 15 jours auparavant, on avait élevé deux barrages à 120m du front de taille. Quelques jours après, on essaya de reprendre ce chantier. A cet effet, on enleva les barrages ; la fumée avait disparu, mais il s'était accumulé une telle quantité d'acide carbonique au mur et de gaz hydrocarburés au toit, qu'on crut prudent de rétablir le batardeau et d'installer un ventilateur avec une ligne de cornets pour les expulser. Tout ce travail fut fait avec des lampes de sûreté. C'est quelques heures après que les ouvriers avaient quitté le chantier que l'accident a eu lieu.

On a attribué l'explosion aux hydrocarbures résultant de la distillation de la houille, qui remplissaient alors la galerie.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 2. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 97 | 1858 2 Décembre | Puits de la Chaux — Grande couche. | » | 3 Brûlés assez grièvement. | 524 | 169.010 | Obstruction du plancher de travail d'un puits, par des débris qui empêchaient de renouvellement de l'air au dessous. | Lampe de sûreté ouverte. | Imprudence de l'un des ouvriers qui avait ouvert sa lampe. |
| 98 | 1859 3 Octobre | Puits Adrienne | » | 3 Brûlés légèrement. | 460 | 159.085 | Dégagement spontané de grisou. | Lampe à feu nu. | Imprudence des victimes, qui n'avaient pas attendu la visite du gouverneur pour pénétrer dans leur chantier. |
| 99 | 1860 27 Avril | Puits Charles. — Travers-banc de la 3e à la 4e couche. | » | 1 Brûlé légèrement. | 655 | 251.293 | » | Lampe de sûreté, dont le treillis avait rongi. | Imprudence de la victime qui avait incliné sa lampe de sûreté pour allumer de l'amadou. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — Pendant le creusement du puits, on avait constaté un dégagement assez sensible de grisou; ce qui avait motivé aussitôt l'emploi exclusif des lampes de sûreté. Ces lampes étaient remises fermées aux ouvriers.

**Circonstances de l'accident.** — Quatre ouvriers terminaient le moëllonnage du puits de la Chaux, au passage de la grande couche. Une explosion de grisou, dont les circonstances sont restées inconnues, se produisit. Trois des maçons furent brûlés plus ou moins grièvement ; le quatrième ne fut pas atteint.

**Remarques particulières.** — Le plancher sur lequel les ouvriers s'échafaudaient pour leur travail, était généralement couvert de débris qui en obstruaient les fissures et empêchaient l'air de se renouveler au-dessous. On a supposé que le grisou avait pu ainsi facilement s'accumuler sous ce plancher.

Tous les ouvriers ont nié avoir dévissé leur lampe ; mais on en a retrouvé une ouverte au fond du puits. Toutefois on n'a pu savoir à qui elle appartenait, les lampes remises aux ouvriers n'étant pas numérotées.

---

**Indications générales.** — On n'avait jamais constaté la présence du grisou dans ces travaux.

Les ouvriers s'y servaient de lampes à feu nu.

Il leur était expressément recommandé de ne pénétrer dans leurs chantiers qu'après la visite de ceux-ci par le gouverneur.

**Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers, qui travaillaient dans le premier niveau de gauche du puits Adrienne, furent légèrement brûlés par l'explosion d'une petite quantité de grisou, qui s'était enflammé sur la lampe à feu nu de l'un d'eux.

L'explosion fut presque insignifiante.

**Remarques particulières.** — Les ouvriers qui avaient travaillé quelques heures auparavant dans ce chantier, n'y avaient pas constaté la moindre trace de gaz, non plus que le sous-gouverneur qui, une heure avant l'accident, s'y était avancé jusqu'à 2m du front de taille, sur un tas de charbon abattu la veille.

On a attribué l'explosion à un dégagement spontané de gaz.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Les exploitants ont prescrit immédiatement l'emploi exclusif des lampes de sûreté dans ces travaux.

---

**Circonstances de l'accident.** — On perçait un travers-banc de recherches de la 3e à la 4e couche.

Un ouvrier ayant à faire partir un coup de mine, inclina sa lampe de sûreté pour allumer un morceau d'amadou contre le treillis. Une petite quantité de grisou qui se trouvait dans le travers-banc, prit feu et le brûla légèrement.

L'explosion s'est réduite à une simple flambée de gaz.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 1861 27 Janvier | Puits de la Chaux | 2 Brûlés et asphyxiés. | » | 728 | 252.189 | Interruption accidentelle de la ventilation dans un niveau en cul-de-sac, aéré au moyen d'un ventilateur et d'une colonne de tuyaux | ? Ouverture d'une lampe de sûreté ou Flamme d'un coup de mine qui aurait débourré. | » |
| 101 | 1862 22 Mai | Puits Saint-Charles. — Etage de 252m. | 1 Brûlé. | 4 Brûlés légèrement. | 920 | 287.172 | Insuffisance de ventilation dans un niveau de 100m de longueur, aéré seulement au moyen d'une colonne de tuyaux faisant fonction de retour d'air. | Lampe à feu nu. | Imprudence de la principale victime, qui s'était engagée avec une lampe à feu nu dans une galerie grisouteuse, malgré une chaîne qui en défendait l'entrée. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| **Indications générales.** — Les travaux étaient peu développés et l'aérage satisfaisant. L'air entrait par le compartiment principal du puits de la Chaux, parcourait les travaux et revenait au goyau d'aérage du puits, sur lequel était établi un ventilateur Duvergier. **Circonstances de l'accident.** — Un chef de poste et un ouvrier travaillaient à l'avancement d'une descente de quelques mètres, percée près de l'extrémité des travaux, dans un niveau en cul-de-sac de 35$^{m}$ de longueur. Une explosion de grisou s'y produisit. Les deux ouvriers furent brûlés et asphyxiés. L'ouvrier qui tournait habituellement le ventilateur d'aérage de cette galerie, se trouvait près de la recette du puits au moment de l'accident, et dut à cette circonstance de ne pas être atteint. On put rentrer immédiatement dans les travaux; mais plusieurs cloisons d'aérage ayant été détruites, il fallut rétablir le courant d'air et on n'arriva auprès des victimes qu'au bout de quelques heures. On retrouva leurs cadavres à l'entrée du niveau. **Remarques particulières.** — Le niveau était aéré au moyen d'un ventilateur placé dans le courant d'air, et d'une colonne de tuyaux allant jusqu'à quelques mètres du front de taille. Mais au moment de l'accident, ce ventilateur avait cessé de fonctionner depuis un quart d'heure. On a reconnu que la lampe de l'une des victimes n'était plus fermée à clef, bien que le lampiste assurât l'avoir remise fermée. La cause immédiate de l'explosion est restée inconnue. Un coup de mine, préparé au front de taille a pu être allumé et, en débourrant, mettre le feu au gaz; ou encore le treillis de la lampe non fermée à clef a pu être enlevé et replacé après l'accident. |
| **Indications générales.** — Le courant d'air arrivait du puits Saint-Thomas par le travers-banc de 252$^{m}$; il se divisait dans le niveau de roulage, revenait dans des colonnes de tuyaux, passait dans une remontée pour aérer de la même manière les niveaux supérieurs moins développés, et se rendait de là dans les travaux du puits Adrienne. On travaillait avec des lampes à feu nu dans tous les chantiers du puits Saint-Thomas, à l'exception de celui où l'accident a eu lieu. **Circonstances de l'accident.** — Des ouvriers, descendus dans la mine, attendaient, au croisement du travers-banc de 252$^{m}$ et du niveau, que le gouverneur eût fait la visite de leurs chantiers. Un autre ouvrier s'engagea pendant ce temps, avec sa lampe à feu nu, dans la partie orientale du niveau, longue d'une centaine de mètres, dans laquelle le grisou avait été reconnu, et qui était barrée par une chaîne placée à 1$^{m}$ de hauteur. Arrivé au front de taille, ce mineur détermina une explosion qui le tua raide. Deux des premiers ouvriers furent légèrement brûlés, ils furent en même temps projetés contre les boisages et eurent chacun une jambe cassée. Deux autres, garantis par quelques bois, ne furent atteints que très légèrement par la flamme. **Remarques particulières.** — On n'a pu s'expliquer pour quel motif l'ouvrier, auteur de l'accident, s'était introduit dans le niveau malgré la chaîne qui en défendait l'entrée. Il devait travailler dans un chantier assez éloigné; mais, peu habitué à la mine, il se sera probablement trompé de chemin. |

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

#### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 102 | 1864 11 Février | Puits Monterrad. — 3me couche. | 1 Brûlé. | 7 Brûlés, dont 1 grièvement. | 1.236 | 368.070 | Insuffisance de ventilation dans une remontée et un niveau, dont les fronts de taille se trouvaient à une quarantaine de mètres du courant d'air. | Flamme d'un coup de mine. | Négligence du chef de poste, qui n'avait fait qu'une visite incomplète du chantier. |
| 103 | 1865 1 Février | Puits de la Chaux — 3me couche. | 3 Brûlés. | 3 Brûlés légèrement. | 1.090 | 367.685 | Arrivée dans un plan incliné et par suite de la manœuvre d'un ventilateur, du grisou qui s'était accumulé dans deux chantiers voisins, en cul-de-sac. | Flamme projetée par la mèche d'un coup de mine au moment de l'allumage. | Imprudence du sous-gouverneur, qui avait donné l'ordre de tirer un coup de mine, malgré la présence reconnue du grisou. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

12

**Circonstances de l'accident.** — Un travers banc avait été percé dans un niveau de la 2ᵐᵉ couche, il avait rencontré la troisième, et quelques travaux de traçage étaient déjà exécutés dans cette dernière.

Deux ouvriers travaillaient à l'avancement du niveau. A 12ᵐ en arrière du front de taille, se trouvait une remontée de 10ᵐ de longueur, dans laquelle le grisou se montrait. On ne travaillait pas dans cette remontée et le ventilateur établi pour son aérage et celui du niveau ne fonctionnait pas. Les fronts de taille de ces deux galeries se trouvant à une quarantaine de mètres du courant d'air, le grisou avait pu, par suite, s'y accumuler en assez grande quantité.

Au moment de tirer un coup de mine au front de taille du niveau, le chef de poste, se fiant probablement à l'absence du grisou dans le chantier, ne le visita qu'incomplètement et n'éleva pas sa lampe jusqu'au toit, qu'il ne pouvait atteindre commodément. Après le départ du coup, on vit une flamme bleue serpenter au toit du niveau jusqu'au pied de la remontée; puis une explosion se produisit. Les deux ouvriers furent brûlés grièvement, et six autres légèrement; l'un des premiers mourut des suites de ses blessures.

**Remarques particulières.** — Le ventilateur ne fonctionnant pas, la remontée devenait un véritable réservoir de grisou; le travail à la poudre eût dû, dans ces conditions, être interdit au front de taille du niveau, qui n'en était éloigné que de 12ᵐ.

**Indications générales.** — L'air entrait par le puits de la Chaux, arrivait par un travers-banc dans le niveau inférieur, remontait ensuite un plan incliné et se dirigeait vers le puits St-Charles.

**Circonstances de l'accident.** — La troisième couche était en traçage au puits de la Chaux. Deux ouvriers du poste de nuit étaient occupés à entailler le toit d'un plan incliné partant du niveau inférieur. Ce niveau avait été prolongé au-delà du plan incliné et une remontée y avait été commencée. Ces deux derniers chantiers, dans lesquels on ne travaillait que de jour, étaient aérés au moyen d'un ventilateur établi dans le niveau, près du pied du plan incliné.

Les deux ouvriers du plan incliné avaient déjà tiré un coup de mine; pendant qu'ils en préparaient un second, le ventilateur fut mis en marche, pour assainir le niveau et la remontée avant l'arrivée des ouvriers du poste de jour. Avant de charger le second coup de mine, un des ouvriers remarqua la présence du gaz qui, chassé par le ventilateur, suivait le courant d'air et passait par le plan incliné. Le sous-gouverneur donna néanmoins l'ordre de charger le coup: l'ouvrier s'y refusa et se réfugia dans un niveau supérieur. L'autre ouvrier introduisit la charge et alluma la mèche en inclinant sa lampe. La mèche projeta une petite fusée et une explosion se produisit. Le sous-gouverneur, l'ouvrier et le manœuvre du ventilateur furent brûlés mortellement. Deux mineurs qui travaillaient à quelques mètres, dans le niveau inférieur, furent légèrement brûlés et contusionnés. L'ouvrier qui s'était réfugié dans le niveau supérieur, ne reçut que des brûlures insignifiantes.

Le coup de mine ne partit qu'après l'explosion

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 104 | 1865 3 Février | Puits du Sagnat. — Couche du Sagnat. | » | 1 Brûlé légèrement. | 1.090 | 367.685 | Présence d'une cloche au toit d'un chantier et à 2m du front de taille. | Lampe à feu nu. | » |
| 105 | 1866 24 Août | Puits Monterrad N° 2. | » | 3 Brûlés légèrement. | 1.009 | 378.166 | Couche dégageant du grisou, rencontrée dans le percement d'un travers-banc. | Lampe à feu nu. | » |
| 106 | id. 10 Septembre. | Puits Charles. — Grande couche. | » | 2 Brûlés légèrement. | id. | id. | Présence d'une cloche au toit d'un chantier. | Lampe de sûreté ouverte. | Imprudence de l'une des victimes, qui avait dévissé sa lampe de sûreté. |
| 107 | 1868 20 Janvier | Puits Adrienne. — 3me couche de la Malafolie. | » | 1 Brûlé grièvement. | 1.431 | 461.865 | Dégagement accidentel de gaz dans une remontée de 5m de longueur et de 4m de largeur, située à 20m du courant d'air. | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier arrivait à son chantier et accrochait sa lampe à feu nu à une butte, lorsqu'un peu de grisou accumulé dans une petite cloche du toit, à $2^m$ du front de taille, prit feu et le brûla légèrement. **Remarques particulières.** — On n'avait pas encore reconnu la présence du grisou dans cette partie des travaux. Le sous-gouverneur avait fait la visite du chantier, mais n'avait pas examiné la cloche. |
| **Circonstances de l'accident.** — On perçait, au Sud du puits Monterrad N° 2, un travers-banc dans lequel on avait rencontré, au milieu de juillet, une petite couche de $0^m60$, qui dégageait du grisou. Trois ouvriers travaillaient au front de taille, lorsque l'un d'eux mit, avec sa lampe à feu nu, le feu à une petite quantité de grisou. Les trois ouvriers furent légèrement brûlés. **Remarques particulières.** — La ventilation du travers-banc se faisait par une gaîne communiquant avec la cloison d'aérage du puits Monterrad N° 2. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — L'emploi des lampes de sûreté, qu'on avait abandonnées le 16 août précédent, a été de nouveau rendu obligatoire. |
| **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers réparaient une cloche au toit d'un chantier. L'un d'eux mit, avec sa lampe, le feu à une petite quantité de grisou qui s'y était accumulée, et fût brûlé légèrement ainsi que son camarade. L'explosion fut insignifiante. **Remarques particulières.** — La lampe de sûreté de l'une des victimes avait été dévissée. |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier se rendait à son travail avec une lampe à feu nu, dans une remontée de $5^m$ de longueur, située à $20^m$ du courant d'air. En arrivant au front de taille, il détermina une petite explosion de grisou qui lui causa des brûlures graves. **Remarques particulières.** — Le grisou n'avait pas encore été signalé dans cette partie de la mine et le sous-gouverneur, qui venait de faire la visite du chantier, n'en avait pas reconnu la présence. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — Les exploitants ont prescrit l'emploi des lampes de sûreté à tous les avancements situés en dehors du courant d'air. |

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

### 2. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DES ACCIDENTS: Causes directes de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DES ACCIDENTS: Causes directes de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DES ACCIDENTS: Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 108 | 1868 23 Août | Puits Monterrad N° 1. — Grande couche de la Malafolie. | 5 Brûlés. | » | 1.431 | 461.865 | Quartier barré, remblayé avec des schistes qui s'étaient échauffés | ? Flamme chassée hors du treillis d'une lampe de sûreté ou. Inflammation spontanée du gaz dans les vieux travaux. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

112

**Indications générales.** — Les travaux de la grande couche de la Malafolie étaient reliés à ceux de la seconde couche par un travers-banc faisant communiquer les galeries de roulage de ces deux couches. Ces travaux, au-dessous du niveau de roulage, se composaient de deux quartiers, tous deux à l'ouest du travers-banc. Le plus éloigné était incendié et barré depuis longtemps; l'autre se composait d'un niveau inférieur et d'un niveau intermédiaire, reliés à la galerie de roulage par trois plans inclinés. Dans ce dernier quartier, une première tranche de la couche de 5m de puissance avait été prise et remblayée avec des schistes qui, bien qu'extraits depuis deux ans, n'avaient pas tardé à s'échauffer : on avait alors barré les trois plans inclinés, près de la galerie de roulage. Plusieurs tentatives ultérieures, faites en vue de rentrer dans ces chantiers, y avaient fait reconnaître l'accumulation d'une quantité plus ou moins considérable de grisou.

L'aérage naturel était satisfaisant. Le courant descendait par le puits de Monterrad N° 1; après avoir suivi le niveau de roulage de la 2me couche, il passait dans la Grande Couche par le travers banc qui les reliait, se répandait librement dans les divers niveaux et allait gagner le puits Layat par le grand plan incliné du même nom.

**Circonstances de l'accident.** — Dans le but de pousser le niveau intermédiaire vers l'Est, après avoir établi dans la galerie de roulage un barrage entre le plan incliné qui faisait suite au travers-banc et le plan incliné voisin, distant seulement de 10m, on détruisit les deux barrages qui fermaient ces plans inclinés et la partie du niveau intermédiaire qu'ils comprenaient entre eux.

Le travail était fait par trois ouvriers, sous la conduite de deux sous-gouverneurs et du gouverneur. Le gouverneur était remonté au jour pour faire jeter quelques bennes d'eau dans le puits et les sous-gouverneurs, après avoir constaté l'expulsion du grisou par le courant d'air et son absence dans la galerie de roulage, entre le barrage et le second plan incliné, faisaient pratiquer une ouverture dans ce barrage, afin qu'une partie du courant chassât le gaz accumulé par derrière.

Une explosion de grisou se produisit. L'ouvrier qui pratiquait l'ouverture dans le barrage fut tué sur le coup; les deux autres et les deux sous-gouverneurs furent brûlés mortellement. Les barrages furent renversés, mais aucun éboulement n'eut lieu dans le voisinage des trois plans inclinés. Les effets de l'explosion furent plus violents dans la partie Ouest de la galerie de roulage : des éboulements s'y produisirent, des bennes furent brisées et aplaties. Enfin, dans le grand plan incliné Layat, qui débouchait dans cette galerie, des fissures nombreuses se déclarèrent dans la maçonnerie des voûtes, dont les piédroits s'inclinèrent et se détachèrent de la couronne.

Le sauvetage put se faire immédiatement. On retrouva trois des victimes entre la recette du second plan et le travers-banc; le corps de la quatrième, dans ce travers-banc, et enfin, au bout d'une heure seulement, la cinquième qui, en cherchant à fuir, s'était engagée dans la région Est du niveau intermédiaire

**Remarques particulières.** — La cause immédiate de l'accident est restée inconnue. On a supposé que l'arrachement d'une planche du barrage, coïncidant avec le brusque ralentissement du courant d'air, au moment du renversement d'une benne d'eau dans le puits, avait pu faire affluer le gaz sur la lampe de l'ouvrier, avec une vitesse suffisante pour en faire sortir la flamme.

On a supposé également qu'au moment de l'ouverture du barrage, le courant d'air, activé par l'eau qu'on jetait dans le puits, avait pu, en pénétrant dans la masse de grisou accumulée derrière ce barrage, en faire rejaillir du gaz qui se serait enflammé à la lampe de l'ouvrier.

Enfin, on a admis encore que l'explosion avait pu prendre naissance dans les vieux travaux, sous l'influence de l'air qui y pénétrait par diffusion, depuis la démolition des barrages.

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

#### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 109 | 1869 21 Mai | Puits Monterrad N° 2. — Grande couche de la Malafolie. | 15 Brûlés ou asphyxiés | » | 1.550 | 448.196 | Interruption accidentelle du travail et de la ventilation dans un niveau en percement. | ? Lampe dont le treillis aurait rougi et qui n'aurait pas été éteinte avec les précautions nécessaires. | ? Maladresse de l'une des victimes qui, voyant le tamis de sa lampe rougir, ne l'aurait pas éteinte avec les précautions convenables. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

L'explication de l'inflammation du gaz par la flamme d'une lampe chassée hors du treillis serait d'autant plus plausible que le grisou pouvait être mélangé de gaz plus inflammables que lui.

**Indications générales.** — Au puits Monterrad N° 2, on exécutait, au moyen d'un travers-banc, à la profondeur de 250$^{m}$, le traçage de trois couches : la Grande Couche, la deuxième et la troisième de la *Malafolie*.

Dans la Grande-Couche, on poussait deux galeries de niveau, reliées au fur et à mesure par des remontées ; on prolongeait ensuite ces galeries au-delà de la dernière traverse. Une nouvelle remontée était presque terminée au moment de l'accident.

L'aérage se faisait naturellement entre le puits Monterrad et la fendue de la Malafolie. Le courant était faible et variable ; il aérait les travaux de la Grande-Couche et de la 2$^{me}$ couche. La fendue de la Malafolie servait encore à la sortie de l'air des travaux de la Grande-Couche, des puits Monterrad N° 1 et St-Thomas.

Dans la Grande-Couche, l'air entrait par le travers-banc, aérait le niveau inférieur, passait par la dernière remontée et revenait par le niveau supérieur. Deux ventilateurs aéraient le prolongement de 30$^{m}$ du niveau supérieur et la remontée en percement ; ils étaient placés à l'entrée de ces galeries.

La distribution de l'air était donc bonne.

**Circonstances de l'accident.** — On travaillait seulement au niveau inférieur et dans la remontée ; une explosion de grisou se produisit à l'extrémité du niveau supérieur, où deux ouvriers de la remontée s'étaient rendus, probablement dans le but de sonder la paroi.

Un sous-gouverneur et 13 ouvriers qui se trouvaient dans la Grande couche, furent brûlés ou asphyxiés. La porte qui séparait les travaux de la Grande couche du puits Monterrad N° 2, des travaux de la 2$^{me}$ couche du puits St-Thomas, ayant été détruite par l'explosion, les gaz firent irruption dans ces derniers. Un ouvrier fut asphyxié; plusieurs autres éprouvèrent un commencement d'asphyxie et ne durent leur salut qu'à la promptitude des secours.

On put, en rétablissant les portes d'aérage, pénétrer dans les travaux peu de temps après l'accident et sortir les victimes.

**Remarques particulières.** — Des croûtes de coke furent observées, notamment dans la dernière remontée et dans le niveau supérieur, sur les faces des bois dirigées vers l'avancement du niveau supérieur.

Les lampes, du système ordinaire de St-Etienne, furent toutes retrouvées ; quelques-unes étaient détériorées, mais les treillis n'étaient pas déchirés.

Le feu a dû être mis au grisou par une lampe, dont le treillis aura rougi, et qui n'aura pas été éteinte avec les précautions nécessaires.

Cet accident montre l'insuffisance des lampes de sûreté alors en usage à St-Etienne, en même temps que celle de l'aérage naturel.

Les croûtes de coke observées sur les bois montrent que les poussières de houille ont joué un certain rôle dans l'accident.

Quelques jours après l'explosion, le grisou envahit la Grande couche à tel point qu'il fut impossible d'y rentrer avant la fin de juin, même en forçant tout l'air qui entrait par le puits Monterrad N° 2, à passer dans cette couche.

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

#### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 110 | 1869 24 Août | Puits Monterrad N° 2 — 2me couche de la Malafolie. | 19 Brûlés. | 3 Brûlés. | 1.550 | 418.196 | Interruption du travail et de la ventilation pendant un chômage, dans un groupe de chantiers en cul-de-sac, dont un en remonte. | ? Lampe dont le treillis aurait rougi et qui n'aurait pas été éteinte avec les précautions nécessaires. | ? Maladresse de l'une des victimes qui n'aurait pas éteint avec les précautions convenables sa lampe, dont le treillis rougissait. |
| 111 | id. 22 Novembre | Puits de la Chaux — 3me couche. | 3 Brûlés. | 2 Brûlés légèrement. | id. | id. | Suspension du travail dans une remontée en cul-de-sac, pendant le chômage du dimanche. | Flamme chassée hors du tamis d'une lampe Davy. | Négligence du sous-gouverneur, qui n'avait pas visité le chantier avant la reprise du travail, comme le prescrivait un arrêté préfectoral. Imprudence d'une des victimes, qui s'était hasardée avec |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — Dans la 2me couche, en traçage au puits Monterrad N° 2, on poussait vers l'Ouest deux galeries de niveau, qu'on reliait au fur et à mesure par des remontées et qu'on prolongeait ensuite au-delà de la dernière. Une nouvelle remontée était en percement.

L'air entrait par le puits Monterrad N° 2, suivait le travers-banc et se partageait entre la Grande couche, inexploitée au moment de l'accident, et la deuxième couche. Dans celle-ci, il suivait le niveau inférieur, la remontée, le niveau supérieur, puis se rendait dans les travaux du puits Monterrad N° 1 et, au-delà, au puits Layat, où le courant était activé par un échappement de vapeur établi au fond du puits.

**Circonstances de l'accident.** — Après deux jours de chômage, le grisou s'était accumulé dans la remontée en percement et, avant de reprendre le travail, on le chassait au moyen d'un ventilateur placé au bas de cette galerie. Les lampes avaient été laissées en arrière de la remontée, mais les ouvriers du niveau supérieur avaient commencé leur travail ; une de leurs lampes ayant rougi, fut éteinte immédiatement. Un instant après, des flammes arrivaient du niveau supérieur, par la dernière remontée, dans le niveau inférieur.

On pénétra dans les travaux en réparant les portes d'aérage et, le même jour, on put retirer les victimes : 15 morts, dont un sous-gouverneur, et 7 blessés. Trois de ces derniers succombèrent des suites de leurs brûlures. Un assez grand nombre d'ouvriers du puits Monterrad N° 1 furent retirés à moitié asphyxiés, mais ils purent être sauvés.

**Remarques particulières.** — La distribution de l'air était bonne, mais le courant devait être faible, à en juger d'après le temps que les gaz irrespirables ont mis à sortir de la mine après l'explosion.

On a expliqué l'accident en admettant qu'une seconde lampe avait dû rougir à l'atelier du niveau supérieur et n'avait pas été éteinte avec les mêmes précautions que la première.

Des croûtes de coke ont été constatées sur les bois de la dernière remontée ; elles étaient déposées sur les faces dirigées vers le niveau le plus voisin.

Mêmes observations que pour l'accident précédent relativement au rôle des poussières, ainsi qu'à l'insuffisance des courants d'air naturels et des lampes de sûreté employées à St-Etienne.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — La Compagnie concessionnaire a décidé le remplacement des lampes de St-Étienne par des lampes Muëseler et l'établissement de deux ventilateurs Guibal.

---

**Indications générales.** — Le puits de la Chaux exploitait la 3me couche de Firminy, qui dégageait beaucoup de grisou.

A l'extrémité Sud des travaux de ce puits, on avait prolongé une remontée jusqu'à 10m de longueur et, vers le sommet de celle-ci, on avait commencé un niveau qui atteignait 5m de longueur

Le courant d'air était suffisant et bien distribué. L'air entrait par le puits de la Chaux et était dirigé par des barrages vers l'extrémité des travaux ; il passait dans la remontée que l'on prolongeait et se rendait ensuite au puits Charles.

**Circonstances de l'accident.** — Le lundi 22 novembre, le grisou avait envahi la remontée en prolongement et, depuis 20 minutes, on le chassait au moyen d'un ventilateur soufflant placé au pied de cette galerie. Trois ouvriers devaient travailler à l'avancement du niveau ; l'un d'eux, impatient de commencer son travail, échangea sa lampe Muëseler contre la lampe Davy du manœuvre du ventilateur et se rendit à son chantier en laissant cette lampe à terre, au haut de la remontée et au-dessus du jet d'air

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

#### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | une lampe à simple treillis, dans une remontée envahie par le grisou, et qui avait placé cette lampe dans le courant d'air grisouteux chassé par un ventilateur. |
| 112 | 1876 21 Janvier | Puits Monterrad. | » | 2 Brûlés légèrement. | 1.556 | 494.925 | » | » | » |
| 113 | id. 27 Juin | Puits Dolomieux. — Couche du Perron. | » | 1 Brûlé légèrement. | id. | id. | Absence de ventilation dans une remontée en percement, abandonnée depuis un jour | Lampe à feu nu. | Négligence du chef de poste, qui n'avait pas barré la remontée en la quittant. Imprudence de la victime, qui s'était engagée avec une lampe à feu nu dans une remontée abandonnée. |
| 114 | id. 27 Septembre | Puits Saint-Thomas. — Grande couche. | » | 2 Brûlés légèrement. | id. | id. | » | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

envoyé par le ventilateur, par conséquent dans le courant du retour du mélange grisouteux chassé du front de taille. Il fut suivi par les deux autres ouvriers. Dix minutes après une explosion se produisait.

Les trois ouvriers furent fortement brûlés et moururent le lendemain ; deux chargeurs furent aussi légèrement atteints.

L'explosion fut toute locale ; les flammes ne dépassèrent pas l'entrée de la remontée.

**Remarques particulières.** — Le sous-gouverneur n'avait pas visité le chantier avant la reprise du travail, ce qui constituait une contravention à un arrêté préfectoral antérieur.

Un ouvrier, placé au-dessous du ventilateur, avait vu deux ou trois fois la flamme sortir en tournoyant de la partie supérieure de la lampe et finalement le chantier se remplir de flammes.

Cet accident montre clairement l'insuffisance de la lampe Davy, dès qu'elle se trouve dans un milieu animé d'une certaine vitesse. Il montre également le danger des percements en remonte dans une mine grisouteuse.

---

**Circonstances de l'accident.** — Pas de renseignements

---

**Indications générales.** — L'aérage général était satisfaisant.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier devait charger du charbon à l'extrémité d'un niveau en percement ; ayant besoin d'une pelle, il s'engagea avec sa lampe à feu nu dans une remontée en cul de sac, située à 20$^m$ de son chantier et à une assez grande distance de la galerie d'aérage. A peine arrivait-il au milieu, qu'une petite explosion se produisit et le brûla légèrement.

**Remarques particulières.** — La remontée où s'était engagée la victime, dégageait du grisou et était abandonnée depuis la veille, mais n'était pas barrée.

L'ouvrier travaillait dans un niveau en cul de sac percé dans une couche grisouteuse et aéré seulement par diffusion ; il eut dû être muni d'une lampe de sûreté.

---

**Circonstances de l'accident.** — Une partie des remblais de la Grande couche étaient pris dans une chambre d'éboulement pratiquée dans un étranglement de la veine. Deux ouvriers se trouvaient à l'entrée de cette chambre, lorsqu'une pierre large et plate, tombant du sommet, rabattit vers eux un peu de grisou, qui s'enflamma sur leurs lampes et les brûla légèrement. 4 ouvriers, placés à 3$^m$ en arrière, furent à peine atteints.

**Remarques particulières.** — On n'avait jamais rencontré de grisou dans la région où a eu lieu l'accident, et on n'avait jamais cessé d'y travailler avec des lampes à feu nu.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Des lampes de sûreté ont été données aux ouvriers occupés dans le voisinage de la chambre d'éboulement.

## A. — MINES DE HOUILLE

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

#### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 115 | 1872 19 Janvier | Puits Dolomieu. — Couche de la Grille. | » | 1 Brûlé très-légèrement. | 1.643 | Tonnes 548.670 | Insuffisance de ventilation et interruption momentanée du travail dans une remonte en percement, aérée seulement par diffusion. | Lampe à feu nu. | » |
| 116 | 1874 28 Juillet | Puits de la Chaux. | » | 2 Brûlés légèrement. | 1.893 | 569.852 | » | Départ prématuré d'un coup de mine. | » |
| 117 | 1875 3 Janvier | Puits du Sagnat. — Couche de la Crue. | 1 Brûlé. | » | 1.699 | 493.358 | Insuffisance de ventilation dans une amorce de remontée, aérée seulement par diffusion. | Lampe de sûreté ouverte. | Imprudence de la victime, qui était entrée dans son chantier avec une lampe Davy détamisée. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — L'aérage, bien que naturel, ne laissait rien à désirer.

Le grisou avait été reconnu lors du traçage de la couche de la Grille et on avait employé des lampes de sûreté dans les travaux de cette couche ; mais le gaz ayant cessé de se montrer, on avait repris les lampes à feu nu dans les dépilages.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier arrivant à son travail, à l'avancement d'une remontée de 4m de longueur, commencée au milieu d'un massif de 100 mètres et aérée seulement par diffusion, approcha sa lampe du front de taille et fut brûlé très légèrement par une petite flambée de gaz.

**Remarques particulières.** — La visite du chantier avant l'arrivée de l'ouvrier, prescrite par un arrêté préfectoral, n'avait pas été faite.

La lampe de sûreté eût dû être conservée dans les galeries en remonte, percées en plein massif, qui n'étaient pas ventilées jusqu'au front de taille.

---

**Indications générales.** — On n'avait jamais vu de grisou dans la région sud des travaux du puits de la Chaux.

L'aérage se faisait dans de bonnes conditions.

**Circonstances de l'accident.** — Un coup de mine avait été préparé au front de taille d'une remontée en percement devant relier deux niveaux de la région Sud des travavaux du puits de la Chaux. Cette remontée avait 4m 50 de longueur et un bon courant d'air passait dans le niveau inférieur. Après la visite du chantier par le sous-gouverneur, un ouvrier alluma la mèche et s'éloigna. A peine avait-il fait quelques pas qu'il se trouva environné de flammes, en même temps que le coup de mine partait prématurément. Cet ouvrier fut brûlé très légèrement, ainsi qu'un autre qui se trouvait au pied de la remontée. Un troisième ouvrier, occupé au même point, s'était jeté à terre et ne fut pas atteint. L'air fut ébranlé jusqu'à une centaine de mètres de la remontée, mais aucun éboulement n'eut lieu. Aucune trace de combustion ne fut remarquée. Le coup de mine, en partant, n'avait fait tomber qu'un faible éclat de la roche.

**Remarques particulières.** — Après l'accident, on n'a pas retrouvé de grisou dans la remontée ni dans les chantiers voisins. L'accident pourrait être dû simplement au départ prématuré du coup de mine, par suite d'une traînée de poudre existant le long du trou ou d'une imprudence quelconque de la part des ouvriers.

La présence et le rôle du grisou dans cet accident sont restés douteux.

---

**Indications générales.** — La couche était peu gazeuse. Les travaux à l'avancement se faisaient avec des lampes de sûreté.

**Circonstances de l'accident.** — On venait d'enrayer une remonte dans une recoupe de 4 à 5m à travers la couche du Sagnat, ouverte à 20m du courant d'air. Un ouvrier, rentrant dans ce chantier après une courte absence, avec sa lampe Davy détamisée, mit le feu à une petite quantité de grisou et fut brûlé grièvement. Il mourut des suites de ses brûlures.

L'explosion fut très faible.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 118 | 1875 5 Avril | Puits Dolomieu. — Couche du Petit Moulin. — Région Sud. | 7 Brûlés. | 2 Brûlés grièvement. | 1.699 | 493.558 | Interruption du travail et de la ventilation, pendant un jour de chômage, dans une remontée en percement. Echappement, par une fente de la conduite de refoulement d'un ventilateur, d'un peu du grisou aspiré au sommet de la remontée, où il s'était accumulé. | Lampe à feu nu. | Imprudence et négligence du gouverneur, qui tolérait l'emploi des lampes à feu nu dans une région où le grisou se montrait, et qui n'avait pas fait la visite du chantier avant l'entrée des ouvriers. |
| 119 | 1876 28 Juillet | Puits Derhins | » | 1 Brûlé légèrement. | 1.751 | 559.815 | Interruption du travail, dans l'intervalle de deux postes, au front de taille d'une galerie au rocher qui longeait une | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — La ventilation des travaux était généralement bonne.

L'air arrivait par la galerie de roulage et se répandait librement dans les différents niveaux sans qu'aucune porte dirigeât sa marche, de sorte que sa distribution était un peu irrégulière et que les travaux de la région Sud, bien que susceptibles de donner du grisou, étaient faiblement aérés.

Depuis quelque temps même, le grisou se montrait en très petite quantité et d'une façon intermittente aux avancements de galeries ; l'ingénieur avait prescrit l'emploi des lampes Muëseler dans cette région.

**Circonstances de l'accident.** — On perçait une remontée à partir du 3me niveau, à l'extrémité d'un plan incliné reliant les trois niveaux inférieurs, et dans le but de prolonger ce plan jusqu'au 4me niveau. La remontée avait atteint 14 m de longueur. Le grisou n'y avait pas encore été rencontré ; néanmoins, un ventilateur avait été établi au pied, pour aspirer l'air de la partie supérieure et le refouler dans le 3me niveau servant de retour d'air. De plus, une cloison devant forcer l'air qui arrivait par le plan incliné à aller jusqu'au front de taille, avait été commencée.

Au moment où les ouvriers arrivaient à leur travail, après un jour de chômage, une explosion de grisou se produisit. Le manœuvre du ventilateur et 8 ouvriers placés au pied de la remontée furent grièvement brûlés. Sept d'entre eux succombèrent des suites de leurs blessures.

Les dégâts matériels furent peu importants.

**Remarques particulières.** — On avait constaté à la surface une baisse barométrique de 6mm avant l'accident.

Le gouverneur n'avait pas visité le chantier avant l'arrivée des ouvriers. De plus, malgré l'ordre de l'ingénieur, il tolérait et encourageait même jusqu'à un certain point l'emploi des lampes à feu nu. Les piqueurs seuls avaient des lampes Muëseler ; l'ouvrier tournant le ventilateur ne se servait de sa lampe de sûreté qu'après l'entrée des ouvriers.

Le grisou avait dû s'accumuler dans la remontée pendant le chômage ; au moment de la mise en marche du ventilateur, un peu de gaz se sera échappé par une des fentes de la conduite de refoulement et se sera enflammé à la lampe à feu nu du manœuvre ; puis l'inflammation se sera propagée jusque dans la remontée.

On a constaté que des croûtes de coke s'étaient déposées sur les bois auprès du ventilateur, dans la remontée et dans le plan incliné. Dans ce dernier, elles étaient tournées vers le haut à la partie supérieure, et vers le bas à la partie inférieure. Dans le niveau de roulage, les bois étaient noircis de loin en loin par de la résine frittée.

Les dépôts de coke constatés sur les bois montrent que les poussières de charbon ont joué un certain rôle dans cet accident.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Le percement de la remontée a été achevé de haut en bas à partir du 4me niveau.

---

**Indications générales.** — Le grisou ne s'était pas encore montré dans les travaux situés au Nord de la faille du Buisson. On ne se servait que de lampes à feu nu dans cette région, même pendant le traçage.

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers se rendaient à leur travail, à l'avancement d'une galerie au rocher qui longeait la faille du Buisson et avait rencontré un filet très mince de charbon, lorsque l'un d'eux, en approchant du front de taille avec sa lampe à feu nu, enflamma une petite quantité

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

#### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | faille et avait rencontré un mince filet de charbon. | | |
| 120 | 1876. 24 Décembre. | Puits Malaguet | 3. Contusionnés. | » | 1.754 | 559.815 | Dégagement de grisou d'une couche de schistes charbonneux rencontrée dans le fonçage du puits. Echappement d'une certaine quantité de ce gaz dans le puits, par une des ouvertures laissées dans la maçonnerie. Accumulation probable du gaz au-dessous d'un des planchers de travail, encombrés de débris de matériaux et rendus ainsi presque étanches. | ? Fêlure d'une lampe Davy chaussée hors du treillis, par suite d'une chute. | |
| 121 | 1877 12 Juillet | Puits Dolomieu. — Couche de la Grille. — 5e Niveau. | » | 2 Brûlés légèrement. | 1.954 | 561.569 | Insuffisance de ventilation dans un bout de galerie en remonte, aéré seulement par diffusion. | Lampe à feu nu. | Négligence du sous-gouverneur qui avait omis, dans sa visite, de pousser ses investigations jusqu'au fond de la remonte où s'est produit l'accident. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

de grisou qui s'y était accumulé pendant la nuit. Il fut brûlé légèrement ; l'autre ouvrier, resté à quelques mètres en arrière, ne fut pas atteint.

**Remarques particulières.** — Les chantiers de la région Nord, dans laquelle le grisou n'avait jamais été reconnu, n'étaient pas toujours visités avant l'arrivée des ouvriers.

---

**Indications générales** — Le puits Malartre était aéré au moyen d'une colonne de tuyaux qui s'élevait à 12$^m$ au-dessus de l'orifice supérieur.

Un mois avant l'accident, pendant le fonçage du puits, un coup de mine avait mis à découvert une fissure dans des schistes charbonneux, à 70$^m$ de profondeur. Le grisou dégagé par cette fissure s'était allumé à une lampe à feu nu et avait brûlé pendant 2 ou 3 jours. Depuis ce moment, les ouvriers avaient été munis de lampes de sûreté. On leur avait d'abord donné des lampes Mueseler ; mais les verres d'un certain nombre d'entre elles s'étant fendus, on les avait remplacées par des lampes Davy. D'autre part, le gaz n'avait pas tardé à disparaître et, depuis le 2 décembre, on n'avait pas constaté sa réapparition.

**Circonstances de l'accident** — Le puits Malartre avait été foncé jusqu'à la profondeur de 93$^m$. On venait d'achever le muraillement des 36 derniers mètres et l'on commençait à enlever les planchers qui avaient servi à ce travail, lorsqu'une explosion de grisou se produisit dans le puits. Les trois ouvriers qui y travaillaient ne furent pas atteints par les flammes ; mais l'un d'eux, précipité au fond du puits, fut tué sur le coup, et les deux autres, écrasés contre les parois, ne tardèrent pas à succomber.

**Remarques particulières.** — Les planchers établis pour le muraillement étaient à 1$^m$,50 l'un de l'autre ; ils laissaient entre eux et les parois du puits un vide annulaire de 0$^m$,10 de largeur. A mesure que le muraillement avançait, on enlevait un des planchers sur deux. On a supposé, pour expliquer l'accident, que quelques-uns de ces planchers, recouverts de mortier et de débris de briques, seraient devenus assez étanches pour permettre au grisou de s'accumuler au-dessous.

Après l'accident, on a constaté que le gaz se dégageait par l'une des ouvertures laissées dans la maçonnerie, au niveau de la couche de schistes charbonneux.

L'état des victimes n'a pas permis de les interroger. Les lampes Davy dont elles se servaient ont été retrouvées fermées à clef. On a supposé que la chute de l'une de ces lampes avait été la cause de l'explosion.

Cet accident montre le danger des planchers trop ajustés dans des puits où l'on a constaté la présence du grisou. On doit, dans des conditions semblables, augmenter, autant que possible, le vide annulaire laissé entre ces planchers et le muraillement.

---

**Indications générales.** — La présence du grisou n'avait point encore été constatée dans cette région de la mine ; aussi y travaillait-on avec des lampes à feu nu. Toutefois, un surveillant spécial était chargé de visiter les chantiers avant l'arrivée des ouvriers.

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers étaient occupés dans un bout de galerie en remonte, allant du 5$^{me}$ au 6$^{me}$ niveau. L'un d'eux, au moment de reprendre son travail, éleva sa lampe à feu nu au toit de la galerie pour se rendre compte de l'état de celui-ci. Une inflammation de grisou se produisit et lui fit ainsi qu'à son camarade, des brûlures peu dangereuses à la partie supérieure du corps.

L'explosion s'est réduite à une simple flambée de gaz.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1 — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 122 | 1880 16 Janvier | Mine de Roche la Molière. — Couche de la Grille. | » | 3 Brûlés dont 1 grièvement. | 1.828 | 558.058 | Insuffisance accidentelle de ventilation à l'avancement d'un niveau en cul-de-sac, aéré seulement par diffusion. | Etoupille Bickford allumée au contact du tamis d'une lampe Davy inclinée. | Négligence du boiseur faisant fonctions de boutefeu, qui avait abandonné à deux des victimes le soin d'allumer elles-mêmes leur coup de mine et leur avait prêté à cet effet sa lampe Davy. Imprudence de ces deux ouvriers, qui avaient essayé d'allumer un coup de mine avant de s'être assurés de la disparition complète du grisou, dont ils venaient de constater la présence. |
| 123 | id. 10 Février | Mine de Firminy. — Puits du Ban No 1. — Grande couche de la Barge. | » | 3 Brûlés dont 1 très grièvement et 1 légèrement. | id. | id. | Insuffisance de ventilation dans un chantier de 19 m 50 de longueur, terminé par un cul-de-sac montant, et aéré seulement par diffusion. | Fusage de la mèche pendant l'allumage d'un coup de mine foré en couronne. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Roche-la-Molière et Firminy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Remarques paticulières.** — Il a été établi que le sous-gouverneur chargé de visiter les chantiers avant l'arrivée des ouvriers, avait négligé d'inspecter le fond de la remonte.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — La Compagnie a été invitée à généraliser dans ses travaux l'emploi des lampes de sûreté.

---

**Indications générales.** — La région où s'est produit l'accident était connue comme donnant lieu accidentellement à des dégagements de grisou et on y employait exclusivement la lampe Muëseler.

Un arrêté préfectoral du 4 mars 1858, modifié le 5 septembre 1861, prescrivait de confier à un boute-feu spécial l'allumage des coups de mine dans les régions grisouteuses.

**Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers travaillaient à l'avancement d'un niveau. L'un d'eux voulut faire partir un coup de mine qu'il avait préparé au toit du chantier. Son camarade, reconnaissant à l'odeur la présence du grisou lui en fit la remarque. Le premier prit alors une chemise et l'agita pendant quelque temps pour chasser le gaz ; puis, sans même s'assurer de la disparition complète de celui-ci, il prit une mèche Bickford et l'alluma sur le tamis incliné d'une lampe Davy qu'il avait empruntée au boute-feu. Au moment où il approchait l'étoupille enflammée de la mèche du coup de mine pour y mettre le feu, une explosion se produisit. Il fut atteint assez grièvement ; ses deux camarades reçurent seulement des brûlures légères.

La détonation fut faible et on ne retrouva pas de croûtes charbonneuses sur les bois.

**Remarques particulières.** — Le sous-gouverneur, en visitant le matin même ce chantier, n'y avait pas trouvé de gaz.

Le boute-feu spécial était, au moment de l'accident, retenu par une maladie ; il avait été remplacé par un boiseur peu expérimenté. Celui-ci avoit remis lui-même sa lampe Davy aux piqueurs de l'avancement, en les priant d'allumer eux-mêmes leur coup de mine.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Les ingénieurs du service local des mines ont été invités à faire observer, pour le tirage des coups de mine dans les exploitations de Roche-la-Molière, les mesures de précaution prescrites par l'Instruction ministérielle du 6 décembre 1872.

---

**Indications générales.** — La couche de la Barge avait dégagé beaucoup de grisou lors du premier traçage ; mais, dans les traçages secondaires, on en avait rencontré assez peu.

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers travaillaient à l'avancement d'un chantier en cul-de-sac de 19$^{m}$,50 de longueur, terminé par un coude brusque de 3$^{m}$,50 dirigé en montant. Un coup de mine y avait été préparé au toit ; le boute-feu fut appelé pour l'allumer. Après avoir constaté avec sa lampe Davy l'absence du grisou dans le voisinage du trou de mine, ce dernier alluma un bout de mèche à travers le tamis de sa lampe, mit le feu à sa fusée et se retira avec les deux piqueurs. Ils avaient à peine atteint l'entrée du chantier qu'une violente secousse les jeta à terre. Ils virent une flamme tourbillonner un instant au-dessus d'eux ; mais l'un d'eux seulement fut légèrement brûlé. Un rouleur qui se trouvait dans le niveau où débouchait le chantier, fut plus gravement atteint. Enfin, un troisième ouvrier qui se trouvait beaucoup plus éloigné, mais dans le sens du courant d'air, fut violemment projeté et reçut des brûlures très graves. Le coup de mine ne partit qu'un instant après.

Il n'y eût pas de dégâts matériels.

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

1. — Concession de

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |

2. — Concession de

(Instituée par décret

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | Tués. 4 | Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | de l'accumulation du gaz. 8 | de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 124 | 1837 11 Février | Puits du Gourd des Loges. — Grande couche. | » | 2 Brûlés légèrement. | 198 | 69.1[illegible] | » | Lampe à feu nu. | » |
| 125 | id. 13 Février | id. — id. | » | 1 Brûlé légèrement. | id. | id | » | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui, malgré le règlement, avait fait la visite des chantiers avec une lampe à feu nu. |
| 126 | 1839 4 Février | Mine de la Ricamarie. | » | 4 Brûlés. | [illegible] | 57.10[illegible] | Chantier en cul-de-sac aéré seulement par diffusion. | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

**Roche-la-Molière et Firminy** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Remarques particulières.** — Le chantier où s'est produit l'accident, était aéré seulement par diffusion ; il n'était nullement poussiéreux.

Dans la visite qui a été faite de ce chantier après l'accident, on y a constaté la présence d'une forte quantité de gaz. La lampe Muëseler indiquait 3 % de grisou à $0^m,50$ au-dessus du sol ; à $1^m,30$, elle s'éteignait.

On a constaté sur plusieurs bois des traces d'exsudation résineuse.

On n'a pas expliqué les effets singuliers de l'explosion, qui paraissent avoir été en augmentant d'importance à mesure qu'on s'éloignait du point où elle avait pris naissance.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Les exploitants ont été invités à interdire le tirage des coups de mine en couronne dans les chantiers grisouteux.

Les ingénieurs du service local des mines ont été, en outre, invités à formuler des propositions pour la révision des arrêtés préfectoraux des 4 mars 1858 et 5 septembre 1861, qui réglementaient le tirage à la poudre dans les mines grisouteuses du bassin de la Loire.

## la Béraudière.

du 4 Novembre 1824).

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers, en pénétrant dans leur chantier avec des lampes à feu nu, mirent le feu à une petite quantité de grisou qui les brûla légèrement.

**Indications générales.** — Le grisou se montrait en si faible quantité dans la grande couche du puits du Gourd des Loges, que l'emploi des lampes à feu nu y était toléré. Toutefois, les gouverneurs devaient faire la visite des chantiers avec des lampes de sûreté.

**Circonstances de l'accident.** — Un gouverneur, en visitant un chantier avant l'arrivée des ouvriers, mit le feu, avec une lampe à feu nu, à une petite quantité de grisou qui le brûla légèrement

**Indications générales.** — L'aérage était très défectueux.

**Ciconstances de l'accident.** — Quatre ouvriers, en pénétrant dans leur chantier avec des lampes à feu nu, mirent le feu à une petite quantité de grisou qui les brûla plus ou moins grièvement.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1 — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

### 2. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 127 | 1853 13 Avril | Puits Delaynaud. | » | 1 Brûlé grièvement. | 118 | 50.303 | ? Dégagement de grisou d'une fissure, ouverte peut-être par le forage même du coup de mine. | Allumage d'une mèche soufrée à travers les mailles du tamis d'une lampe Davy. | » |
| 128 | 1854 29 Juin | id. — Grande couche. | » | 1 Brûlé grièvement. | 149 | 68.556 | » | Lampe de sûreté détamisée. | Imprudence de la victime, qui, malgré la défense, avait pénétré dans son chantier avec une lampe détamisée. |
| 129 | id. 5 Août | Puits du Crêt de Mars. | 1 Brûlé. | » | id. | id. | Suspension des travaux. | ? | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**de la Béraudière** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Remarques particulières.** — Le chantier où l'accident a eu lieu était en cul-de-sac et n'était aéré que par diffusion.

La Direction n'aurait pas dû permettre l'emploi des lampes à feu nu dans de pareilles conditions.

---

**Indications générales.** — L'aérage se faisait naturellement. Le courant était très faible à cette époque de l'année et tendait même parfois à se renverser.

On constatait depuis quelques jours une grande abondance de grisou dans la partie de la couche encore vierge que l'on exploitait.

**Circonstances de l'accident.** — Un piqueur travaillait dans une recoupe de 3 à $4^m$ de longueur, allant du mur au toit de la couche. Comme le charbon y était très dur et qu'on n'y avait constaté le matin même aucune trace de gaz, on lui permit d'employer la poudre pour l'abatage. Au moment où il passait à travers les mailles du treillis de sa lampe une mèche soufrée destinée à allumer un coup de mine, une petite explosion de grisou se produisit et le brûla grièvement.

**Remarques particulières.** — Dans une visite du chantier, faite après l'accident, on a constaté que le grisou, presque totalement absent au front de taille où était placé le coup de mine, paraissait au contraire très abondant à $1^m,50$ en arrière.

On a attribué l'explosion à un dégagement de gaz d'une fissure, produite peut-être par le forage même du coup de mine.

Dans des expériences diverses faites à la suite de cet accident, on a pu déterminer l'explosion de mélanges en proportions très variées d'hydrogène protocarboné, d'hydrogène bicarboné et d'air, non seulement avec une mèche soufrée, mais même avec un morceau de soufre allumé.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — L'Ingénieur des travaux y a interdit le tirage des coups de mine, jusqu'à ce que le grisou ait entièrement disparu.

---

**Indications générales.** — L'aérage était en général défectueux.

Les lampes de sûreté étaient employées d'une manière exclusive dans les travaux. Le règlement défendait aux ouvriers de pénétrer dans leurs chantiers avec des lampes en mauvais état.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, en pénétrant dans son chantier avec une lampe de sûreté détamisée, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla assez fortement.

---

**Circonstances de l'accident.** — Pendant une visite qui précédait une reprise des travaux, une certaine quantité de grisou qui s'y était accumulé, fit explosion et brûla mortellement un ouvrier.

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

#### 2. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 130 | 1856 26 Juillet | Puits du Crêt de Mars. | » | 1 Brûlé grièvement. | 286 | 85.807 | Galerie montante depuis longtemps abandonnée et située en dehors du courant d'air. | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui s'était aventurée avec une lampe à feu nu dans une galerie abandonnée. |
| 131 | id. 5 Septembre | id. | 1 Brûlé. | 1 Brûlé grièvement. | id. | id. | ? | Lampe à feu nu. | » |
| 132 | 1857 29 Décembre | Puits Delaynaud. — Etage de 142m. | » | 1 Brûlé grièvement. | 372 | 82.326 | Insuffisance de ventilation dans deux bouts de niveau en cul-de-sac, qui dégageaient du grisou et qui étaient aérés seulement par diffusion ainsi que le travers-banc dans lequel ils débouchaient. | Projection de la mèche enflammée d'un coup de mine jusqu'au niveau d'un chantier très grisouteux. | Imprudence de la victime, qui aurait dû s'assurer, avant de mettre le feu à son coup de mine, qu'il n'y avait pas de gaz dans les environs. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Béraudière (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, à la recherche d'un outil, pénétra avec sa lampe à feu nu dans une galerie montante, abandonnée depuis longtemps et obstruée par des boisages. Une petite quantité de grisou qui s'y trouvait accumulée, prit feu et lui fit des brûlures graves. <br> Remarques particulières. — L'accident n'aurait pas eu lieu si l'entrée de la galerie abandonnée avait été défendue par un barrage. |
| Indications générales. — L'aérage se faisait naturellement. L'air entrait par le puits St-Dominique et sortait par le puits du Crêt-de-Mars. <br> Le grisou était rare dans cette portion de la mine. <br> Le gouverneur indiquait chaque matin, après sa visite des chantiers, les points où on devait faire usage de lampes de sûreté. <br> Circonstances de l'accident. — Deux rouleurs amenaient une benne de remblai à l'extrémité d'une recoupe. Pour plus de commodité, ils suspendirent leur lampe à feu nu à l'un des montants du dernier *cadre*. Au moment où ils se disposaient à renverser la benne, une explosion de grisou se produisit. L'un d'eux put se réfugier dans un niveau voisin et ne reçut que des brûlures graves mais non mortelles ; l'autre, emprisonné derrière la benne, ne put fuir et fut atteint mortellement. <br> Remarques particulières. — Le gouverneur a affirmé n'avoir pas trouvé trace de grisou dans ce chantier, lors de la visite qu'il y avait faite une heure auparavant. Toutefois, la sincérité de cette affirmation a été contestée. <br> Une partie du courant d'air passait dans le niveau où débouchait la recoupe. Celle-ci, dont la longueur atteignait une douzaine de mètres, n'était au contraire aérée que par diffusion. <br> Cet accident montre le danger de laisser l'emploi des lampes de sûreté à la discrétion du gouverneur. <br> Mesures prises à la suite de l'accident. — Un arrêté préfectoral a rendu applicable aux travaux du puits du Crêt-de-Mars les dispositions de l'article 5 de l'arrêté du 29 septembre 1836, qui prescrivait l'emploi exclusif des lampes de sûreté pour tous les chantiers à une seule issue, dans les mines grisouteuses insuffisamment aérées. |
| Indications générales. — L'aérage était suffisant. <br> On poussait, à l'étage de 142$^{m}$, une galerie au rocher qui déjà traversait la 1$^{re}$ et la 2$^{e}$ *brûlantes*, dans lesquelles on avait ouvert, à droite et à gauche, des chantiers de niveau. Ceux-ci dégageaient du grisou en assez grande abondance. <br> Les ouvriers étaient munis de lampes de sûreté. <br> Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, qui travaillait à l'avancement de la galerie au rocher, mit le feu, à l'aide de sa lampe de sûreté, à un coup de mine qu'il avait préparé. Le coup ne partit pas ; les cannettes seules s'enflammèrent et furent projetées jusqu'au niveau des chantiers latéraux des deux premières brûlantes, où elles mirent le feu à une certaine quantité de grisou. L'ouvrier, qui s'était réfugié dans un de ces chantiers, fut assez fortement brûlé. <br> Il n'y avait pas, à ce moment, d'autres mineurs dans cette région. |

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 3. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT: Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT: Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT: Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 133 | 1858 18 Octobre | Puits Delaynaud. | 1 Asphyxié. | 6 Brûlés. | 248 | 78.586 | Recoupe de 8m de longueur en cul-de-sac, aérée seulement par diffusion. | Lampe de sûreté dont le tamis avait rougi. | Négligence de l'une des victimes qui n'avait pas surveillé sa lampe, suspendue au toit du chantier. |
| 134 | 1859 28 Novembre | Puits Saint-Joseph. — 2me Brûlante. | » | 2 Brûlés dont 1 très légèrement. | 243 | 104.794 | Cloche déterminée au toit d'une galerie par un petit éboulement survenu quelques instants avant l'accident. | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire

de la Béraudière (suite).

OBSERVATIONS.

11

**Remarques particulières.** — Il a paru certain qu'au moment de l'accident la lampe ne marquait pas d'une façon sensible à l'avancement du travers-banc.

Le coup de mine, allumé par le gouverneur quelques instants après l'accident, partit sans donner lieu à aucune conséquence fâcheuse, et cela malgré la présence du gaz qui, sans être très abondant, l'était cependant plus que la première fois.

---

**Circonstances de l'accident.** — Dix ouvriers étaient occupés dans un niveau et 4 recoupes, dont les deux extrêmes étaient distantes de 15$^{m}$ l'une de l'autre. L'un d'eux se trouvait au front de taille d'une de ces recoupes, qui atteignait 8$^{m}$ de longueur et ne recevait d'air que par diffusion. Il avait suspendu sa lampe à la partie supérieure de la galerie et travaillait sans la surveiller. Au bout de quelques minutes, elle détermina une explosion de grisou. On vit la flamme s'avancer lentement au toit du niveau, jusqu'à une fendue située à 7$^{m}$ de la recoupe et par laquelle arrivait le courant d'air. Trois ouvriers qui se sauvaient par cette fendue, tombèrent asphyxiés, mais revinrent d'eux-mêmes à la vie quelques instants après, quand le courant d'air se fut rétabli. Six autres furent brûlés plus ou moins grièvement; enfin, le dernier qui s'était réfugié, au-delà de la fendue, dans un cul-de-sac formé par le niveau, fut retrouvé asphyxié.

Les bois de la recoupe où l'explosion se produisit, furent fortement carbonisés; ceux du niveau étaient noircis jusqu'à une distance de 7 à 8$^{m}$ de part et d'autre de la recoupe.

**Remarques particulières.** — L'air arrivait par la fendue, suivait le niveau et sortait par le puits Delaynaud. Dans le niveau même, le courant était très vif.

Le gouverneur avait visité la recoupe peu de temps avant l'accident; il n'y avait trouvé qu'un peu de gaz à la partie supérieure.

La lampe qui avait provoqué l'accident, portait des marques de brûlures; le chapeau était complètement écaillé.

---

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers étaient occupés à remplacer un cadre brisé dans le niveau gauche de la 2$^{me}$ brûlante. L'enlèvement du vieux cadre avait provoqué un léger éboulement, qui avait produit au toit une petite cavité en forme de cloche. La pose du cadre nouveau se fit sans incident; mais l'un des deux ouvriers ayant élevé sa lampe à feu nu dans la cavité pour étudier la disposition à donner au garnissage sur le chapeau, une petite quantité de grisou qui avait eu le temps de s'accumuler, prit feu et le brûla assez fortement à la tête et aux mains. Son compagnon n'eut guère que les cheveux brûlés.

L'explosion s'est réduite à une simple flambée de gaz.

**Remarques particulières.** — Le niveau dans lequel s'est produit l'accident, n'était aéré que par diffusion sur 30$^{m}$ de longueur. Malgré cela, on n'y avait pas constaté de grisou depuis deux mois et on avait pu y reprendre les lampes à feu nu, qu'on avait dû précédemment remplacer par des lampes de sûreté.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 3. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 135 | 1860 13 Avril | Puits Delaynaud. | » | 4 Brûlés, dont 1 assez grièvement. | 340 | 144.172 | Changement momentané de direction du courant d'air, au moment du remplacement d'un barrage par une porte. | ? Lampe Davy accrochée trop près du toit et dont le tamis se serait rempli de flammes. | » |
| 136 | 1861 18 Juillet | Mine de la Ricamarie. | » | 6 Brûlés. | 493 | 188.572 | Inconnue. | Flamme d'une lampe Davy chassée, en soufflant dessus, hors du tamis qui commençait à rougir. | Imprudence de l'une des victimes qui, voyant rougir le tamis de sa lampe, avait soufflé dessus et fait sortir la flamme. |
| 137 | id. 28 Octobre | Puits Saint-Joseph. — 3e Brûlante. | » | 2 Brûlés, dont 1 très légèrement. | id. | id. | Éboulement du front de taille et interruption du travail pendant une heure, dans un chantier en cul-de-sac, aéré seulement par diffusion ainsi que le niveau dans lequel il débouchait. | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Ménaudière (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — L'aérage se faisait naturellement entre le puits Mélitine, par lequel descendait l'air, et le puits Delaynaud. On ne constatait pas de dégagement de grisou dans les travaux parcourus par le courant.

Les ouvriers étaient munis de lampes de sûreté fermées à clef.

**Circonstances de l'accident.** — Trois rouleurs et un enchaîneur étaient occupés, à la tête d'un petit plan incliné automoteur, à remettre sur la voie une benne qui venait de dérailler, lorsqu'une certaine quantité de grisou prit feu et les brûla plus ou moins grièvement.

Il n'y eut pas, à proprement parler, d'explosion.

**Remarques particulières.** — Un barrage établi dans une galerie inférieure forçait le courant d'air à passer à la tête du plan incliné. Au moment de l'accident, on était occupé à remplacer le barrage par une porte. Pendant la durée de ce travail, le courant d'air avait pris la voie la plus courte et ne traversait plus le plan incliné; c'est là sans doute ce qui aura permis au grisou accumulé dans les remblais qui avoisinaient la tête du plan, d'envahir la partie supérieure de celui-ci.

La cause immédiate de l'inflammation est restée inconnue.

Les lampes des victimes ont été retrouvées accrochées aux buttes, fermées, en bon état et sans traces de feu sur les tamis. On a supposé que l'une d'elles avait pu être accrochée trop haut et se remplir de flammes sans que les ouvriers s'en fussent aperçus.

---

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, ayant reconnu du grisou dans son chantier et voyant le treillis de sa lampe rougir, souffla dessus; ce qui fit sortir la flamme et détermina une explosion de grisou. 6 ouvriers furent atteints plus ou moins grièvement.

---

**Indications générales.** — Le grisou ne s'était pas montré depuis longtemps dans la couche, et on y travaillait avec des lampes à feu nu ou des lampes de sûreté détamisées.

Le sous-gouverneur faisait tous les matins la visite des chantiers avec une lampe de sûreté.

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers travaillaient à l'avancement d'une recoupe de 8m seulement de longueur, percée dans un niveau de la 3me brûlante. Un éboulement s'était produit au front de taille de cette recoupe, quelques instants avant l'heure du repas. Au moment où les deux ouvriers, revenant de déjeuner, rentraient au chantier avec leurs lampes à feu nu, un nouvel éboulement presque insignifiant eut lieu, suivi d'une légère explosion qui brûla les deux ouvriers. L'un d'eux, qui s'était jeté à terre, n'eut que des brûlures très légères.

**Remarques particulières.** — Le niveau et la recoupe n'étaient aérés que par diffusion.

Le sous-gouverneur n'avait jamais constaté la présence du gaz dans la région où l'accident s'est produit.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENN

### 2. — Concessio

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 138 | 1868 15 Juin | Puits Saint-Dominique. — Grande couche. | » | 2 Brûlés légèrement. | 955 | 293.601 | Obstruction, par un tas de charbon, du front de taille d'un niveau en percement, aéré seulement par diffusion. | Lampe à feu nu. | Négligence du gouverneur, qui avait contrevenu au règlement en ne visitant pas le chantier avant le commencement du travail. |
| 139 | id. 3 Octobre | Puits Saint-Victor. — Grande couche. | » | 5 contusionnés dont 1 assez grièvement. | id. | id. | Eboulement dans le moëllonnage du puits. | Incendie. | » |
| 140 | 1868 28 Décembre | Puits Saint-Joseph. — Petite couche entre la 2me et la 3me brûlantes. | » | 2 Brûlés légèrement. | 957 | 254.543 | Chantier en remonte et en cul-de-sac, aéré seulement par diffusion. | Lampe de sûreté dont le tamis avait été perforé d'un coup de pic. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Béraudière (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| **Indications générales.** — L'aérage naturel était bon et la couche très peu gazeuse. Le travail courant se faisait avec des lampes à feu nu On avait bien, en juillet 1867, rencontré un peu de grisou dans un étranglement de la couche, et on y avait aussitôt employé les lampes de sûreté; mais dès le mois de janvier 1868, on avait repris les lampes ordinaires. Le règlement de la mine prescrivait au gouverneur de visiter les chantiers avant chaque reprise du travail. **Circonstances de l'accident.** — Après un jour de chômage, deux ouvriers se rendaient à leur travail, à l'avancement d'un niveau. Leur chantier avait 18m de longueur à partir du courant d'air et était aéré par diffusion; de plus il était obstrué vers le front de taille par un tas de charbon. A peine les deux mineurs étaient-ils arrivés à l'avancement, qu'un peu de grisou, accumulé entre le front de taille et le tas de charbon, prit feu sur la lampe de l'un d'eux et les brûla très légèrement. **Remarques particulières.** — Le gouverneur n'avait pas visité le chantier avant le commencement du travail. |
| **Indications générales.** — Le puits St-Victor recoupait la Grande couche à 30m de profondeur et la traversait ensuite sur 27m de hauteur verticale. Les feux de l'étage de 43m s'étaient peu à peu rapprochés de la colonne du puits, dont on regarnissait le moëllonnage au fur et à mesure que le besoin s'en faisait sentir. **Circonstances de l'accident.** — A la suite d'un éboulement d'un mètre carré environ d'étendue, survenu dans le moëllonnage, une certaine quantité de grisou, ou de gaz résultant de la distillation de la houille, s'alluma au contact de l'incendie et fit explosion. Des cendres ardentes furent projetées en dehors du puits et atteignirent 5 ouvriers qui étaient occupés près de la recette. Ils furent renversés par la violence de la commotion et légèrement contusionnés ; un seul fut blessé assez grièvement. |
| **Indications générales.** — La couche donnait passablement de grisou. On y travaillait exclusivement avec des lampes de sûreté. **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers étaient occupés dans un chantier en remonte, de 5m de longueur, au pied duquel passait le courant d'air. A peine avaient-ils commencé leur travail, qu'une légère explosion de grisou se produisit et les brûla tous deux légèrement. L'explosion fut très faible et resta localisée. **Remarques particulières.** — La lampe de sûreté de l'une des victimes a été retrouvée, le tamis percé d'un coup de pic. |

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

#### 2. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 141 | 1870 7 Juillet | Puits Abraham. — Étage de 230m. | 3 Asphyxiés. | » | 925 | 246.139 | Dégagement instantané de grisou, au moment du tirage d'un coup de mine, à l'avancement d'un niveau en cul-de-sac de 190m de longueur, aéré seulement par un ventilateur à bras et une gaine de 0m 20 de diamètre. | Flamme d'un coup de mine. | Emploi de la poudre dans des conditions de ventilation défectueuses. |
| 142 | 1874 12 Décembre | Puits Dyèvre. — 3e Brûlante. — 5me Niveau. | » | 1 Brûlé légèrement. | 1.236 | 364.242 | ? Le grisou paraît n'avoir joué aucun rôle dans cet accident. | ? Poussières charbonneuses enflammées par le tirage d'un coup de mine. | Défaut d'arrosage de chantiers très poudreux, où on tirait des coups de mine. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Béraudière (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — Pour relier l'étage inférieur du puits Dyèvre avec le puits Abraham, on avait approfondi ce dernier de 100$^m$, en établissant un plancher solide au-dessus de la recette communiquant avec les travaux du puits St-Joseph ; puis on avait percé, au niveau de 250$^m$, un travers-bancs de 20$^m$ de longueur, jusqu'à une couche de houille dans laquelle on poussait un niveau à la rencontre du travers-bancs du puits Dyèvre,

L'air entrait par le puits Abraham. A partir du plafond établi dans ce puits, il descendait au fond par des caisses en bois de 0$^m$,40 de côté, puis suivait le travers-bancs dans une gaîne d'aérage. A l'extrémité de ce dernier, un ventilateur à bras l'envoyait jusqu'au front de taille du niveau par une colonne de tuyaux de 0$^m$,20 de diamètre. Il revenait ensuite par le niveau, le travers-bancs et la partie inférieure du puits, jusqu'à la recette située au-dessous du plancher et s'échappait par cetterecette pour rejoindre les travaux du puits St-Joseph.

Le charbon était dur ; on employait la poudre à l'avancement du niveau.

Le dégagement du grisou était ordinairement faible et les lampes ne marquaient pas au front de taille.

**Circonstances de l'accident** — Au moment du départ d'un coup de mine tiré avec toutes les précautions ordinaires au front de taille du niveau, une explosion de grisou se produisit. Les trois ouvriers occupés à l'avancement furent légèrement brûlés, puis asphyxiés par les gaz irrespirables qui ne permirent d'arriver jusqu'à eux que quelques heures après l'accident.

La gaîne et la colonne d'aérage avaient été en partie détruites ; un petit éboulement avait eu lieu dans le niveau.

**Remarques particulières.** — Au moment de l'accident, le niveau atteignait 190$^m$ de longueur. Il suit de là que sur une longueur de 310$^m$, du plancher du puits au front de taille du niveau, la circulation de l'air frais ne se faisait que par des caisses ou des tuyaux de faible section.

On a attribué l'explosion à un dégagement subit de gaz, provoqué par le départ du coup de mine.

On a retrouvé, après l'accident, une couche peu épaisse de poussières de coke déposées dans le voisinage du front de taille, sur les faces des bois opposées à ce front.

Le percement par deux galeries conjuguées eût rendu l'aérage satisfaisant et eût permis, après l'accident, le sauvetage immédiat des victimes.

---

**Circonstances de l'accident.** — Pendant le tirage d'un coup de mine, trois ouvriers s'étaient garés dans un chantier voisin. Au moment du départ du coup, ils virent arriver sur eux une flamme rougeâtre. L'un d'eux, qui avait la face tournée, fut légèrement brûlé au dos ; les deux autres se jetèrent immédiatement à terre et ne furent pas atteints.

Il n'y eût pas de dégâts matériels. L'inflammation se propagea sur une longueur de 15$^m$ seulement.

**Remarques particulières.** — Le chantier où s'est produit l'accident ne dégageait pas de grisou. En revanche, toute la région était fortement poudreuse.

On a supposé que le départ du coup de mine avait provoqué le soulèvement d'une certaine quantité de poussières, et que celles-ci avaient ensuite pris feu à la flamme de la poudre.

L'utilité de l'arrosage des chantiers poudreux avait été signalée par la circulaire ministérielle du 6 décembre 1872.

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

#### 2. — Concession

| N° d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 143 | 1876 1er Décembre | Puits Dyèvre. — 2e Brûlante. | » | 2 Brûlés dont 1 assez fortement. | 1,253 | 342,500 | Dégagement de grisou d'une petite cavité en communication avec une faille, mise à découvert au moment de l'allumage d'un coup de mine, dans un chantier en dépilage. | Lampe Mueseler, ouverte pour mettre le feu à un coup de mine. | Imprudence de l'ouvrier, qui avait continué à travailler au moment même où l'on allait allumer le coup de mine. Négligence du boutefeu, qui a mis le feu à la mèche sans se préoccuper de la cavité découverte. |
| 144 | 1883 29 Décembre | Puits du Crêt de Mars. — Couche des Littes. | » | 1 Brûlé légèrement. | 1,169 | 358,475 | Insuffisance accidentelle de ventilation dans une montée en percement, aérée seulement par diffusion ainsi que le niveau en cul-de-sac dans lequel elle débouchait. | Lampe à feu nu. | Cause fortuite. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Béraudière (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — Le courant d'air était suffisant et bien dirigé. Les travaux étaient aérés par l'une des branches du courant d'air entrant par le puits Dyèvre. Cette branche léchait les fronts de taille de tous les dépilages et sortait par le puits du Brûlé.

La présence du grisou n'avait pas encore été signalée dans la région.

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers travaillaient à l'avancement d'un dépilage. L'un de ces ouvriers avait préparé un coup de mine et le boute-feu, après avoir visité le chantier, allait allumer la mèche avec sa lampe Muëseler ouverte, lorsque l'autre ouvrier, qui continuait à travailler, mit à découvert, en entaillant le bloc que le coup de mine devait détacher, une petite cavité dans une partie tendre du charbon. Le boute-feu alluma la mèche sans se préoccuper de cette cavité; mais, au moment même, une faible explosion se produisit et le brûla très légèrement. Le premier ouvrier, sur lequel le courant d'air chassa la flamme, fut assez fortement brûlé. Le coup de mine partit peu après sans atteindre personne. Le grisou continua à brûler pendant quelques instants dans la cavité, et enflamma le charbon qu'il fallut éteindre avec quelques seaux d'eau.

**Remarques paticulières.** — Le chantier où s'est produit l'accident, se trouvait dans le voisinage d'une faille; le courant d'air passait au front de taille même.

On a constaté, après l'accident, que la cavité où le grisou avait pris feu, atteignait la faille.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Les exploitants ont été invités à prescrire dans leurs travaux l'emploi du briquet et de l'amadou pour l'allumage des coups de mine.

---

**Indications générales.** — L'aérage était excellent et bien aménagé.

La couche avait $1^m$ à $1^m,20$ de puissance, 35° à 40° d'inclinaison et une allure très régulière.

On ne constatait nulle part la présence du grisou et on travaillait avec des lampes à feu nu.

**Circonstances de l'accident,** — Deux ouvriers arrivaient à leur travail dans une petite remontée d'aérage, en percement à l'extrémité d'un niveau en cul-de sac de $62^m$ de longueur. L'un d'eux était parvenu à $2^m$ du front de taille, lorsqu'une flambée de grisou se produisit et le brûla légèrement à la poitrine et aux mains, dont il avait aussitôt couvert son visage pour le protéger. Son camarade, qui suivait à $3^m$ seulement en arrière, ne fut pas atteint.

L'inflammation eut lieu sans bruit et ne laissa aucune trace de son passage. Les lampes des deux mineurs furent seulement éteintes.

**Remarques particulières.** — La remontée atteignait $5^m,50$ de longueur; elle n'était aérée que par diffusion, non plus que le niveau à l'extrémité duquel elle était percée.

Le travail était conduit à deux postes, séparés l'un de l'autre par un intervalle de 2 à 3 heures. Le poste précédent avait rencontré à l'avancement un banc argileux descendant du toit, qui avait été reconnu sur $0^m20$ de puissance et au contact duquel le charbon était devenu moureux. Mais on n'avait aperçu aucune trace de gaz.

La visite ultérieure d'un grand nombre de chantiers en cul-de-sac et en remonte de la même couche, n'a permis de constater nulle part la présence du grisou.

On a pensé que cet accident était tout à fait fortuit et qu'il n'y avait même pas lieu de prescrire à cette occasion l'emploi des lampes Muëseler, qui présentent des inconvénients pour le boisage des couches inclinées.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 2. — Concession [illegible]

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

### 3. — Concession

[Instituée par décret

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | Tués. 4 | Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | de l'accumulation du gaz. 8 | de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 145 | 1848 13 Décembre | Puits Montmartre. — Deuxième couche. | » | 2 Brûlés assez grièvement. | 109 | 22.981 | » | Lampe à feu nu. | » |
| 146 | 1853 22 Août | id. — Deuxième couche. | » | 3 Brûlés légèrement. | 45 | 12.046 | » | Lampe à feu nu. | » |
| 147 | 1858 2 Mars | Puits des Basses Villes. | » | 1 Brûlé légèrement. | 383 | 151.194 | ? Présence d'une faille dans le voisinage d'un chantier en remonte. | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

**de la Béraudière** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
| --- |
| 11 |
| **Mesures prises à la suite de l'accident.** — L'ingénieur divisionnaire de la mine a prescrit aux gouverneurs de ne laisser pénétrer les ouvriers dans les chantiers en cul-de-sac qu'après une visite des sous-gouverneurs, toutes les fois que les postes ne se relèveraient pas au chantier même |

### de Beaubrun.

du 10 Août 1825).

| |
| --- |
| **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers se rendaient à leur travail dans un chantier où l'on ne soupçonnait pas la présence du grisou. A peine y étaient-ils arrivés, qu'une petite quantité de gaz prit feu sur la lampe de l'un d'eux et les brûla assez grièvement. |
| **Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers étaient occupés dans un chantier où la présence du grisou n'avait pas encore été signalée. A peine avaient-ils commencé leur travail, qu'un peu de gaz s'enflamma sur une des lampes à feu nu et les brûla tous trois légèrement. |
| **Indications générales.** — La présence du grisou n'avait jamais été constatée dans cette mine. On ne s'y servait que de lampes à feu nu.<br>**Circonstances de l'accident.** — Un piqueur travaillait à l'avancement d'un chantier en remonte. En arrivant le matin à ce chantier, avec sa lampe à feu nu, il mit le feu à une petite quantité de grisou qui s'y était accumulée pendant la nuit et qui le brûla légèrement.<br>**Remarques particulières.** — Le chantier se trouvait dans une partie relevée de la couche, laquelle formait dans cette région comme une sorte de fond de bateau. Cette allure anormale était probablement due au voisinage d'une faille, que la remontée a dû d'ailleurs plus tard rencontrer, car le charbon était devenu très friable et très tendre à l'avancement.<br>On a attribué à la proximité de cette faille la présence de la faible quantité de grisou qui a occasionné l'accident. |

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 2. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 148 | 1860 8 Décembre | Puits Thiollière. | » | 2 Brûlés dont 1 grièvement. | 550 | 219.683 | Insuffisance accidentelle de ventilation dans une cheminée au rocher, aérée par diffusion et prolongée au sommet par un trou de sonde de 1m 30 de longueur. | Lampe à feu nu. | Imprudence des victimes, qui n'avaient pas visité le chantier avec une lampe de sûreté, avant la reprise du travail. |
| 149 | 1861 31 Mai | Puits Rochefort. | » | 1 Brûlé. | 649 | 237.914 | Dégagement accidentel de grisou, par suite du tirage d'un coup de mine à l'avancement d'un niveau aéré par diffusion sur 10m de longueur. | Lampe à feu nu. | » |
| 150 | 1863 27 Février | Puits Sainte-Anne. — 15me Couche. | » | 1 Brûlé légèrement. | 735 | 276.488 | ? | Lampe à feu nu. | » |
| 151 | 1864 1er Mars | Puits Thiollière. — 3me Couche. | » | 1 Brûlé légèrement. | 846 | 295.442 | » | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui, malgré la défense, avait pénétré dans un chantier avec une lampe à feu nu. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**de Beaubrun** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| **Indications générales.** — Un niveau de recherche du puits Thiollière avait rencontré une couche de houille de 1m de puissance. On pensait que la couche principale se trouvait au-dessus et on avait percé à l'extrémité du niveau une petite cheminée presque verticale, dans laquelle on forait un trou de sonde ayant déjà 1m 30 de longueur. <br> **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers entraient au chantier. L'un d'eux était monté avec sa lampe à feu nu au sommet de la cheminée et venait d'introduire la sonde dans le trou, quand une explosion de grisou se produisit et le brûla légèrement. Le second ouvrier, resté au bas de la cheminée fut atteint plus grièvement. <br> **Remarques particulières.** — L'air arrivait dans le niveau à une certaine distance de l'extrémité ; la cheminée n'était aérée que par diffusion. <br> Le grisou ne s'était pas encore montré dans la cheminée. Les ouvriers avaient toutefois reçu l'ordre de visiter leur chantier avec une lampe de sûreté avant d'y pénétrer ; ce qu'ils avaient négligé de faire. |
| **Indications générales.** — L'aérage naturel était suffisant. Le grisou ne s'était jamais montré dans les travaux du puits Rochefort. — On y travaillait avec des lampes à feu nu. <br> **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers travaillaient à l'avancement d'un niveau de 10m de longueur partant du courant d'air principal. <br> L'un d'eux, en rentrant au chantier avec sa lampe à feu nu après le départ d'un coup de mine, détermina une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement. <br> **Remarques particulières.** — Le courant d'air qui passait à l'origine du niveau était très actif. <br> On n'a pas retrouvé de grisou à l'avancement après l'accident. |
| **Indications générales.** — Le puits Ste-Anne exploitait la 15e couche, dans laquelle le grisou se montrait irrégulièrement et en petite quantité. On y travaillait à feu nu dans les chantiers où la présence du gaz n'avait pas été constatée par le sous-gouverneur. <br> **Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers travaillaient au boisage d'un chantier, lorsque l'un d'eux, en élevant sa lampe à feu nu, détermina une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement. Les deux autres ouvriers ne furent pas atteints. <br> **Remarques particulières.** — Le grisou n'avait pas encore été signalé dans le chantier de l'accident. |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier, en pénétrant dans un chantier grisouteux avec une lampe à feu nu, mit le feu à une petite quantité de gaz et fut brûlé légèrement. <br> **Remarques particulières.** — On avait reconnu la présence d'un peu de grisou dans le chantier où a eu lieu l'accident; les ouvriers y avaient été munis de lampes de sûreté et défense était faite d'y pénétrer avec des lampes à feu nu. |

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

#### 3. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 152 | 1864 8 Octobre | Puits Thiollière. | » | 3 Brûlés grièvement. | 846 | 295.442 | Dégagement accidentel de grisou, à la suite d'un éboulement, dans un niveau en cours de remblayage. | Lampe à feu nu. | ? |
| 153 | 1873 12 Décembre | id. — 3me Couche. | » | 1 Brûlé grièvement. | 1.157 | 379.082 | Dégagement accidentel de grisou, à la suite d'un éboulement, dans une recoupe de 20m de longueur, en cul-de-sac, aérée seulement par diffusion. | Lampe à feu nu. | Imprudence du gouverneur victime de l'accident, qui, à la suite d'un éboulement dans un chantier grisouteux, y avait pénétré avec une lampe à feu nu. Dispositions vicieuses, dans l'aérage de la recoupe. |

#### 4. — Concession

(Instituée par décret

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | Tués. 4 | Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | de l'accumulation du gaz. 8 | de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 154 | 1868 22 Mai | Puits de l'Oudaine. — Grande couche. | » | 3 Brûlés légèrement. | 463 | 128.257 | Suspension du travail pendant un jour de chômage, dans une galerie en remonte de 40m de longueur, voisine | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**de Beaubrun** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers remblayaient un niveau dans une partie des travaux abandonnés depuis trois semaines. En prenant leur repas a quelque distance de leur chantier, ils entendirent un éboulement se produire dans le niveau, près de l'endroit où ils travaillaient. Ils en prévinrent aussitôt le gouverneur et retournèrent avec lui au chantier. Au moment où ils arrivaient près de l'éboulement, une planche de charbon tomba à côté du gouverneur, qui portait une lampe à feu nu. Une explosion se produisit; le gouverneur et les deux ouvriers furent brûlés grièvement.

**Remarques particulières.** — Le gaz n'était apparu qu'une seule fois dans ces travaux pendant la durée de l'exploitation; on avait alors employé des lampes de sûreté. Pendant le travail de remblayage, l'ouvrier le plus voisin du front des remblais fut d'abord muni d'une lampe de sûreté; mais l'absence de grisou avait fait ensuite abandonner cette utile précaution.

**Indications générales.** — Les travaux, très peu développés, étaient en général aérés d'une manière suffisante.

Le courant d'air suivait le niveau de roulage; mais il le quittait avant la recoupe pour aérer un chantier montant, et le reprenait ensuite de l'autre côté. Dans le voisinage de la recoupe, le niveau n'était aéré que par l'air passant au-dessus d'une porte d'aérage, sur 0m,10 de hauteur.

*De plus*, un ventilateur qu'on ne manœuvrait que le matin, placé dans la recoupe même, à 6m du niveau, ne faisait que brasser sur place l'air et le grisou que contenait la galerie.

La couche était peu gazeuse. — On travaillait avec des lampes Mueseler dans la région où s'est produit l'accident et qui était voisine de la Grande-Faille

**Circonstances de l'accident.** — Dans le but de loger des remblais dans une recoupe de 20m de longueur partant du niveau de roulage de la 3e couche, on élevait cette galerie de manière à lui donner une hauteur de 4m. Le grisou se montrait en petite quantité. Un éboulement s'étant produit, les ouvriers se retirèrent et prévinrent le gouverneur. Celui-ci se rendit dans la recoupe avec une lampe à feu nu; puis, voulant se rendre compte des dégâts, il éleva sa lumière au toit: Une petite inflammation de grisou se produisit et le brûla grièvement.

Les effets mécaniques de l'explosion furent à peu près nuls.

**Remarques particulières.** — On a retrouvé des croûtes très peu épaisses de coke, déposées sur les faces des bois tournées vers le front de taille de la recoupe, jusqu'à 8m du niveau de roulage.

## de Montrambert.

du 4 Novembre 1824).

**Indications générales.** — L'aérage général était défectueux.

La couche était peu gazeuse. Le travail courant se faisait avec des lampes à feu nu; on n'employait les lampes de sûreté que dans le traçage des galeries de roulage et de remblais.

**Circonstances de l'accident.** — Après un jour de chômage, trois ouvriers se rendaient à leur chantier, dans une remontée de 40m de longueur et à côté d'une galerie de niveau aérée seulement par diffu-

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

#### 4. — Concession

| N° d'ordre. | DATE de l'accident. | LIEU de l'accident. | NOMBRE d'ouvriers: Tués. | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. | OUVRIERS au fond. | PRODUCTION annuelle de la mine. | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | Tonnes | d'un bout de niveau aéré seulement par diffusion. | | |
| 155 | 1870 20 Janvier | Puits Devillaine. — Quartier de la 1re Brûlante. | » | 1 Brûlé légèrement. | 634 | 171.096 | Suspension du travail dans un chantier en remonte, pendant l'intervalle de deux postes. | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime, qui avait pénétré dans son chantier, malgré la consigne, avant la visite du sous-gouverneur. |
| 156 | id. 22 Janvier | id. — id. | » | 1 Brûlé légèrement. | id. | id. | Vieux travaux. | Lampe à feu nu. | Imprudence de la victime qui, malgré la consigne, s'était aventurée avec sa lampe à feu nu dans un quartier abandonné. |
| 157 | 1871 14 Septembre | id. — Grande couche. — Etage de 300m. | » | 1 Brûlé légèrement. | 686 | 167.935 | Vides d'un quadrillage établi dans une cavité produite autrefois par un éboulement | Lampe à feu nu. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**de Montrambert (*suite*).**

OBSERVATIONS.

11

sion. A peine étaient-ils arrivés à leur travail, qu'une petite quantité de grisou s'enflamma sur une des lampes à feu nu dont ils étaient munis, et les brûla tous trois légèrement.

---

**Indications générales.** — L'aérage général était suffisant.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier ayant pénétré le matin dans son chantier avec sa lampe à feu nu, avant la visite de reconnaissance que devait faire le sous-gouverneur, mit le feu à une petite quantité de grisou et reçut des brûlures sans gravité.

---

**Indications générales.** — L'aérage général était suffisant.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier s'étant écarté, avec sa lampe à feu nu, dans un quartier d'anciens dépilages où cependant on n'avait pas jusqu'alors constaté la présence du grisou, mit le feu à une petite quantité de gaz et fut brûlé légèrement.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Tous les ouvriers ont été munis de lampes de sûreté

---

**Indications générales.** — Le volume d'air qui parcourait les travaux était suffisant et sa distribution, simple d'ailleurs, était à l'abri de toute critique.

Le grisou n'avait encore été signalé qu'une seule fois dans la Grande-Couche, plusieurs années auparavant, à l'extrémité d'une remontée. Il n'avait pas encore été rencontré à l'étage de 300$^{m}$ ; aussi les ouvriers y travaillaient avec des lampes à feu nu.

**Circonstances de l'accident.** - Deux ouvriers étaient occupés dans un chantier de dépilage. L'un d'eux, en enlevant un quadrillage déjà ancien, établi dans une cavité produite autrefois par un éboulement, détermina une nouvelle chute de terres qui fut suivie d'une petite explosion. Cet ouvrier fut brûlé légèrement.

**Remarques particulières.** — Le courant d'air passait devant le front de taille du chantier où l'accident s'est produit. Les vides que laissait le quadrillage devaient contenir une petite quantité de grisou, que l'éboulement avait rabattu sur la lampe à feu nu de la victime.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** Une dizaine de lampes de sûreté ont été mises à la disposition des chefs-ouvriers chargés d'inspecter la mine. Elles devaient être surtout employées dans les remontées en percement.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 4. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 158 | 1872 11 Avril | Puits Devillaine. — Grande couche. — Etage de 300m. | » | 1 Brûlé très légèrement. | 790 | 203.483 | Cavité produite dans les remblais par un éboulement. | Lampe de sûreté détamisée. | Imprudence de la victime, qui avait pénétré, avec sa lampe détamisée, dans une cavité existant dans les remblais. |
| 159 | 1873 30 Avril | id. — id. — Niveau de 206m. | 1 Brûlé. | » | 836 | 192.406 | Soufflard ouvert à la sole d'une remontée en percement. | Lampe à feu nu. | » |
| 160 | id. 15 Mai | id. — id. — Etage de 206m. | 2 | 3 Contusionnés. | id. | id. | Décomposition de l'eau projetée sur de la houille en ignition, et accumulation, derrière un barrage, du mélange explosif formé par les produits de cette décomposition, joints à ceux résultant de la distillation de la houille. | Incendie | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**de Montrambert** (*suite*).

### OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — Le courant d'air était très bon. L'air entrait par le puits Devillaine, aérait tous les dépilages en léchant les fronts de taille, et remontait au niveau inférieur du puits Marseille, par lequel il s'échappait.

Le grisou ne se montrait que rarement dans cette partie de la mine. Les lampes de sûreté n'étaient fermées à clef que dans les remontées susceptibles de donner du gaz ; dans les autres chantiers, elles étaient employées comme lampes à feu nu.

**Circonstances de l'accident.** — Un remblayeur, ayant besoin d'un outil et sachant qu'on en laissait quelquefois derrière un quadrillage qui maintenait les remblais dans une partie peu solide du niveau de roulage, s'introduisit dans une cavité située derrière les bois et ayant 2 à 3$^{m}$ de longueur sur 0$^{m}$,50 de largeur. Sa lampe Davy s'étant éteinte, il la ralluma avec une allumette et s'avança un peu plus loin sans remettre le treillis. Une petite explosion de grisou se produisit et le brûla légèrement.

---

**Indications générales.** — L'aérage général était satisfaisant ; il se faisait naturellement entre le puits St-Pierre d'une part et les fendues Brûlée et des Hospices d'autre part.

Le grisou n'avait pas encore été rencontré dans la Grande-Couche au niveau de 206$^{m}$. On y travaillait avec des lampes à feu nu.

**Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier arrivait à son travail dans une remontée. Il se trouvait à 3$^{m}$ du front de taille, quand une petite explosion de grisou se produisit. Il fut mortellement brûlé par des flammes s'élevant du sol de la galerie.

**Remarques particulières.** — La remontée où s'est produit l'accident avait 9$^{m}$,50 de longueur ; elle était ouverte dans un niveau où passait le courant d'air.

Le gaz devait se dégager d'un soufflard ouvert à la sole de la remontée. Il a dû s'enflammer au moment où l'ouvrier passait, avec sa lampe à feu nu, auprès de ce soufflard.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — A la suite de cet accident, les remontées ont été aérées au moyen de ventilateurs ; les chantiers ont été visités par le sous-gouverneur avant l'entrée des ouvriers, et l'on n'a plus employé que des lampes de sûreté dans les galeries en cul-de-sac.

---

**Circonstances de l'accident.** — Les abords du puits de Lyon étaient envahis par un incendie déjà ancien. On voulait approfondir ce puits et, pour cela, le rejoindre par une galerie partant du puits Devillaine, au niveau de 206$^{m}$. Deux tentatives avaient été faites dans ce but au mois de février ; mais on avait dû reculer en laissant de forts barrages. Au mois de mai, on voulut tenter un nouvel essai. On creva l'un des barrages et l'on s'avança avec les pompes jusqu'en un point d'où l'on pouvait projeter de l'eau sur l'incendie. Après chaque coup de pompe, de petites explosions se produisaient avec une flamme très faible. L'ingénieur, prévenu, fit battre en retraite et rétablir les barrages. Un premier serrage de [illegible] fut construit à la hâte ; mais pendant la construction d'un barrage contigu de 0$^{m}$,55 d'épaisseur, une violente explosion fit voler le premier en éclats. Les débris blessèrent mortellement deux ouvriers et légèrement trois autres. Personne ne vit de flammes.

**Remarques particulières.** — On a supposé que l'eau projetée sur la houille s'était décomposée, et que les produits de cette décomposition, joints à ceux résultant de la distillation de la houille, avaient donné un mélange détonant qui s'était accumulé en grande quantité derrière le premier barrage, après sa fermeture.

Cet accident n'est pas un accident de grisou proprement dit.

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

### 4. — Concession

| N°s d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8 | Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 161 | 1879 14 Février | Puits de l'Oudène. — Niveau de 356m. | » | 1 Brûlé légèrement. | 890 | 261.254 | ? Soufflard ouvert entre le front de taille d'un travers banc et un éboulement qui s'y était produit. Cloche déterminée par ce même éboulement, au toit de la galerie. | Lampe à feu nu. | » |
| 162 | id. 2 Juillet | Puits des Hautes-Littes. — Etage de 250m. | » | 1 Brûlé légèrement. | id. | id. | Suspension du travail pendant le chômage du dimanche, dans un bout de remontée aéré seulement par diffusion. | Lampe à feu nu, | » |

### 5. — Concession

(Instituée par décret

| N°s d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | Tués. 4 | Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | de l'accumulation du gaz. 8 | de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 163 | 1857 26 Janvier | Puits de la Pompe. | 1 Brûlé. | 2 Brûlés grièvement. | 164 | 44.938 | Insuffisance accidentelle de ventilation à l'extrémité d'un niveau en percement. | Flamme d'un coup de mine. | Imprudence de l'une des victimes qui, sans avoir préalablement constaté l'absen[ce] |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**de Montrambert** (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

**Indications générales.** — L'air descendait par le puits de l'Oudène, suivait un travers-banc en percement au niveau de 356$^m$, puis revenait en sens contraire, dans un tuyau elliptique de 0$^m$,50 sur 0$^m$,35, jusqu'au niveau de 306$^m$ où il était aspiré par le puits Devillaine.

**Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers travaillaient au relèvement d'un éboulement qui s'était produit à quelques mètres du front de taille du travers-banc en percement. Ils s'éclairaient avec des lampes à feu nu. L'un d'eux venait de suspendre la sienne à l'un des cadres de boisage, près d'une cloche de 0$^m$,60 de hauteur que l'éboulement avait formée au toit, quand une inflammation de grisou se produisit et le brûla légèrement. La flamme, dont la longueur atteignait 3$^m$, ne laissa aucune trace de son passage. Les deux autres ouvriers, placés à 2$^m$ du premier, ne furent pas atteints.

**Remarques particulières.** — Le courant d'air, au front de taille du travers-banc, était faible mais sensible.

Le grisou ne s'était pas montré pendant le percement. Le gouverneur avait visité le chantier trois heures avant l'accident et il n'y avait reconnu de gaz dans aucune des parties accessibles à la main. Mais le haut de la cloche et le vide existant entre l'éboulement et le front de taille n'avaient pas été explorés.

Le gaz a dû se dégager d'un soufflard produit derrière l'éboulement. Il se sera fait jour à travers la masse éboulée, par les communications que lui ouvrait le travail des ouvriers, et aura rempli la cloche.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Le travail a été continué avec des lampes de sûreté.

---

**Indications générales.** — On n'avait jamais vu de grisou dans la région.

**Circonstances de l'accident.** — Au moment de la reprise du poste, le lundi matin, le gouverneur et un ouvrier s'étaient rendus dans un chantier en remonte, où le travail avait été suspendu comme d'habitude le samedi soir. L'ouvrier ayant élevé sa lampe vers le toit pour mieux éclairer le chantier, il se produisit une petite flambée de grisou qui le brûla légèrement.

**Remarques particulières.** — Toute la région avoisinant le chantier de l'accident était sillonnée d'un grand nombre de niveaux et de recoupes, et par conséquent devait se trouver drainée au point de vue du grisou.

**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Les exploitants ont prescrit la visite des chantiers en remonte, avant la reprise des postes.

---

**du Treuil.**

du 27 Juillet 1784).

**Indications générales.** — L'aérage était assez satisfaisant. Il était obtenu au moyen d'une cloison placée dans le puits, de portes et de ventilateurs convenablement placés.

**Circonstances de l'accident.** — Les travaux du Puits de la Pompe étaient peu développés. Trois ouvriers travaillaient à l'avancement du niveau supérieur. L'un d'eux avait préparé un coup de mine au

# A. — MINES DE HOUILLE.

## 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

### 5. — Concession [illegible]

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT. Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT. Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT. Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | du grisou dans le chantier, avait allumé un coup de mine, foré [illegible] au sol de la galerie, mais dirigé vers l'angle supérieur du front de taille. |
| 164 | 1860 2 Juillet | Puits de la Pompe. | » | 1 Brûlé légèrement. | [illegible] | 102.632 | Ancienne galerie obstruée par un éboulement. | Lampe de sûreté ouverte. | Imprudence de la victime, qui avait ouvert sa lampe. |
| 165 | 1861 26 Mai | Puits du Treuil. | 21 Brûlés. | 2 Brûlés grièvement. | 274. | 98.523 | Suspension du travail pendant un jour de chômage, dans une remontée en percement, de 20m de longueur, aérée seulement par diffusion. Ralentissement de l'aérage naturel, par suite de la température élevée qui régnait à la surface et de la diminution de la pression barométrique ? | Lampe de sûreté sans treillis. | Négligence de l'une des victimes, qui avait laissé un étranger visiter la mine avec une lampe de sûreté détamisée. |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

du Treuil (*suite*).

| OBSERVATIONS |
|---|
| 11 |
| sol de la galerie, dans un bloc de grès qui gênait la pose des rails. La mèche fut allumée et les trois ouvriers se retirèrent dans une descente voisine, où passait le courant d'air. Le coup ayant raté, fut allumé de nouveau. Après avoir attendu quelques instants, croyant à un nouveau raté, l'ouvrier qui avait mis le feu revint vers le trou de mine. A ce moment, le coup partit en faisant long feu et fut suivi d'une explosion de grisou qui brûla grièvement les trois ouvriers. Le premier mourut des suites de ses blessures.<br>La cloison d'aérage du puits fut démolie dans le voisinage du niveau supérieur.<br>**Remarques particulières.** — Le trou de mine foré au sol de la galerie était dirigé vers le sommet du front de taille. Avant d'allumer le coup, l'ouvrier, malgré les ordres qu'il avait reçus, n'avait pas inspecté le chantier et constaté l'absence du grisou |
| **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier avait à se rendre de la recette supérieure à la recette inférieure du Puits de la Pompe. Le chemin à parcourir était en entier dans le courant d'air; malheureusement, il se trompa de route et s'engagea dans une ancienne descente, obstruée par un léger éboulement. De plus, ignorant sa méprise, il crut pouvoir sans danger ouvrir sa lampe de sûreté ; mais une petite quantité de grisou, qui s'était accumulé au sommet de la galerie, fit explosion et le brûla légèrement.<br>**Mesures prises à la suite de l'accident.** — Il a été défendu expressément aux ouvriers d'ouvrir leurs lampes de sûreté. |
| **Indications générales** — L'aérage se faisait naturellement entre le Puits du Treuil et celui de la Pompe, dont les orifices présentaient une différence de niveau de 26 mètres. Quand la température était très élevée, le courant d'air était susceptible de se renverser.<br>**Circonstances de l'accident.** — Un étranger s'était introduit dans la mine avec le palefrenier, à la descente du poste de nuit. Muni de la lampe de sûreté sans treillis dont le palefrenier se servait à l'écurie, placée à l'entrée du courant d'air, cet étranger, pénétra dans une remontée de $20^{m}$ de longueur, en percement entre les $4^{me}$ et $5^{me}$ niveau, et dans laquelle on n'avait pas travaillé depuis la veille. Il détermina ainsi l'explosion du grisou qui s'y était accumulé.<br>La détonation fut entendue au jour à de grandes distances. Une épaisse colonne de fumée sortit par le puits de la Pompe, qui servait à la sortie de l'air ; les agrès de ce puits furent endommagés et deux ouvriers, qui y étaient occupés à des réparations, furent projetés hors de la benne et précipités dans le puisard.<br>Le sauvetage commmença immédiatement au puits du Treuil. 26 ouvriers se trouvaient dans le puits : 8 purent être retirés vivants ; 4 étaient sains et saufs ; les 4 autres, plus ou moins brûlés ; 2 de ces derniers ne tardèrent pas à succomber. Trois quarts d'heure après l'accident, le courant d'air fut renversé par suite de la rupture du corroi d'un réservoir d'eau établi à $60^{m}$ du jour et de la chute de l'eau dans le puits de la Pompe. Les sauveteurs n'eurent que le temps de remonter par le puits du Treuil ; il fallut même porter secours à deux d'entre eux qui étaient tombés asphyxiés à la recette du puits. Le réservoir fut fermé et le sauvetage continua, mais on ne trouva plus que des cadavres. On traversa ou contourna les éboulements qui s'étaient produits. Après 8 jours de travail, 6 ouvriers restaient encore dans la mine. |

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

#### 5. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tonnes | | | |
| 166 | 1864 4 Novembre | Puits du Grand Treuil. | » | 2 Brûlés dont 1 grièvement. | 327 | 158,669 | Insuffisance de ventilation dans un niveau aéré seulement par diffusion. Dégagement brusque du grisou qui s'y était accumulé, dans un plan incliné situé au-dessus, et que l'on venait de mettre en communication avec le niveau au moyen d'un trou de sonde. | ? Flamme chassée hors du treillis d'une lampe de sûreté ou Lampe ouverte. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

### a. — Département de la Loire.

**du Treuil** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| Le cadavre du palefrenier fut retrouvé dans le 4$^{me}$ niveau, près de la remontée en percement. Celui de l'étranger se trouvait à 2$^{m}$ du front de taille de cette dernière. La lampe sans treillis était à côté de lui ; le treillis fut retrouvé près de l'écurie. <br><br> **Remarques particulières.** — La haute température de la journée avait probablement diminué l'activité de la ventilation naturelle et la faiblesse de la pression barométrique avait pu favoriser le dégagement du gaz. <br> L'étranger et le palefrenier étaient tous deux entrés dans la benne pendant que le sous-gouverneur donnait des ordres au receveur. Le sous-gouverneur ayant lui-même pris place dans la benne, le receveur n'avait pas cru devoir examiner les personnes qui descendaient avec lui. <br> L'explosion a très probablement pris naissance dans la remontée ; mais, l'auteur de l'accident ayant pu arriver jusqu'auprès du front de taille de cette dernière, avec une lampe découverte, il y a tout lieu de croire que cette galerie ne contenait pas une grande quantité de gaz. L'inflammation a dû se propager le long du toit, et en suivant le 4$^{me}$ niveau, jusque dans les chantiers de l'Ouest du même étage, et dans ceux de l'Est et de l'Ouest du 5$^{me}$ niveau, qui ont été le plus bouleversés et où devaient par suite exister des quantités plus considérables de grisou. <br> Les croûtes de coke déposées sur les bois en certains points de la mine prouvent d'ailleurs que les poussières de houille ont dû jouer un certain rôle dans l'accident. Elles ont pu propager l'inflammation, et leur combustion, s'ajoutant à celle du grisou, a pu augmenter dans de notables proportions les effets de l'explosion. |
| **Indications générales.** — L'air entrait par le puits du Grand-Treuil et sortait par le puits de la Pompe. <br><br> **Circonstances de l'accident** — Deux ouvriers étaient occupés à forer un trou de sonde vertical, destiné à mettre en communication un niveau mal ventilé avec un plan incliné qui passait au-dessus et où circulait un rapide courant d'air. L'un de ces ouvriers se trouvait dans le niveau ; l'autre manœuvrait la sonde dans le plan incliné. Au moment où celle-ci perçait dans la galerie inférieure, une petite inflammation de grisou eut lieu et brûla les deux ouvriers. Celui qui était dans le niveau fut seul grièvement atteint, bien qu'il eût eu la présence d'esprit de se jeter la face contre terre à la vue de la flamme. Deux autres ouvriers, qui se trouvaient dans le plan incliné au moment de l'accident, ne furent pas atteints. <br><br> **Remarques particulières.** — La principale victime a affirmé avoir vu, après l'explosion, une lampe détamisée au milieu de la voie, dans le plan incliné. Cette version a été démentie par les trois ouvriers qui se trouvaient dans cette galerie au moment de l'accident. <br> La cause de l'inflammation est restée inconnue. On a supposé qu'au moment où le trou de sonde avait percé dans le niveau inférieur, le mélange grisouteux qui s'en était échappé avait pu chasser hors du tamis, la flamme d'une lampe de sûreté posée près de l'orifice supérieur du trou dans le plan incliné. |

## A. — MINES DE HOUILLE.

### 1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

#### 5. — Concession

| Nos d'ordre. 1 | DATE de l'accident. 2 | LIEU de l'accident. 3 | NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4 | NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5 | OUVRIERS au fond. 6 | PRODUCTION annuelle de la mine. 7 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8 | CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9 | Causes indirectes. 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 167 | 1868 18 Septembre | Puits de la Pompe et du Grand Treuil. — 8me Couche. | » | 4 Brûlés, dont 1 grièvement. | 377 | 185.803 | ? | Flamme d'un coup de mine. | » |
| 168 | 1870 19 Septembre | Puits de la Pompe. — Petite couche. | 2 Brûlés. | 1 Brûlé légèrement. | 298 | 140.752 | ? Poche de grisou ouverte au moment du départ d'un coup de mine, au front de taille d'un chantier en remonte et en cul-de-sac, aéré seulement par diffusion. | Flamme d'un coup de mine. | » |

## 2. — GROUPE DE LA LOIRE.

**a. — Département de la Loire.**

**du Treuil** (*suite*).

| OBSERVATIONS. |
|---|
| 11 |
| **Indications générales.** — La couche était gazeuse. Les ouvriers travaillaient avec des lampes de sûreté.<br><br>**Circonstances de l'accident.** — On avait préparé un coup de mine dans un travers-banc d'aérage qui reliait le puits à la couche, et un second dans un faux-puits de 2m de profondeur, foncé dans le mur même de la couche. Le premier coup partit sans incident ; mais le second, tiré quelques minutes après, mit le feu à une petite quantité de grisou. Quatre ouvriers furent brûlés, dont un grièvement.<br><br>L'explosion fut faible. La flamme ne se propagea qu'à une courte distance dans le sens du courant d'air. |
| **Indications générales.** — Le règlement des travaux réservait aux gouverneurs le soin d'allumer les coups de mine.<br><br>Les ouvriers étaient munis de lampes de sûreté.<br><br>**Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers travaillaient à l'avancement d'un chantier en remonte, de 5m de longueur, au pied duquel passait un niveau traversé par le courant d'air. Ils avaient préparé un coup de mine dans l'un des angles supérieurs du front de taille ; deux d'entre eux s'étaient réfugiés dans le niveau ; le troisième, après avoir enlevé le treillis de sa lampe et allumé la mèche, se réfugia dans l'angle supérieur du front de taille opposé à celui où se trouvait le trou de mine. Au moment où le coup partit, une explosion de grisou se produisit. Les flammes, arrivant dans le niveau, brûlèrent mortellement les deux ouvriers qui s'y tenaient et causèrent des brûlures légères à un troisième, abrité à quelque distance.<br><br>**Remarques particulières.** — Le courant d'air qui passait au pied du chantier, était bon. Avant l'accident, on n'y avait pas constaté la moindre trace de grisou. Le gaz a dû se dégager au moment même du départ du coup de mine.<br><br>Le sous-gouverneur laissait, contrairement au règlement, les ouvriers libres d'allumer eux-mêmes leurs coups de mine, et, à cet effet, il avait mis à leur disposition une clef qui leur permettait d'ouvrir leurs lampes. Toutefois, il a été reconnu que cette infraction au règlement n'avait pas été la cause de l'accident actuel. |

(*La suite à une prochaine livraison*).

# BULLETIN

## DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR

PENDANT L'ANNÉE 1881.

| DATE de l'accident. | NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. | NATURE forme et destination de l'appareil. — Détails divers. | CIRCONSTANCES de l'accident. | CONSÉQUENCES de l'accident. | CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident. |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 janvier.. | Scierie à Besançon. | Chaudière de locomobile composée d'un corps cylindrique horizontal, à foyer intérieur, avec 17 tubes en cuivre pour le retour des flammes.<br>Longueur 1m, 55.<br>Diamètre du corps 0m, 77.<br>Diamètre du foyer 0m, 33.<br>Diamètre des tubes 0m, 063.<br>Épreuve en 1874.—Timbre 8 k. | La locomobile était installée provisoirement et ne fonctionnait que par intermittences. Vers 11 h. du soir, la courroie tomba, un bruit sourd se fit entendre et la vapeur s'échappa abondamment par la porte du foyer. Trois tubes rompus. | Le propriétaire brûlé aux jambes par la vapeur. | Défaut d'alimentation. |
| 21 janvier.. | Bateau (Seine-Inférieure). | Chaudière cylindrique horizontale, à foyer intérieur, avec tubes pour le retour des flammes.<br>Diamètre du corps 1m, 65.<br>La face arrière de 8 à 9 millimètres d'épaisseur, infléchie vers le bas, était reliée à la boîte à fumée par 19 entretoises. La cornière qui l'assemblait au corps de la chaudière avait 9 millimètres d'épaisseur près de son angle.<br>Épreuve en 1880.—Timbre 2 k. | La cornière d'assemblage du corps cylindrique avec la face plane d'arrière était fendue depuis un certain temps ; cette fente s'est agrandie rapidement le jour de l'accident en produisant une fuite ; sous l'influence d'une forte pression, il y a eu rupture totale de la cornière. | Chauffeur brûlé mortellement. | Maintien en pression d'une chaudière possédant une fuite dangereuse. |
| 29 janvier.. | Fabrique de bougies à Gentilly (Seine). | Chaudière horizontale, cylindrique, à 2 bouilleurs.<br>Longueur du corps 10m.<br>Diamètre du corps 1m.<br>Diamètre des bouilleurs 0m,60.<br>Capacité 14 m3, 390.<br>Épreuve en 1860. — Timbre 5 atmosphères.<br>L'eau d'alimentation peut donc | Vers 2 h. on s'aperçut que la bâche d'alimentation était recouverte d'une couche de matières grasses ; on écréma la surface de l'eau. — Plus tard, le bouilleur de gauche laissait échapper deux filets d'eau au-dessus du foyer. — A 9 h. 1/2, la chaudière se | Deux hommes tués et un blessé. Dégâts matériels considérables. | Invasion inusitée d'acides gras mélangés à l'eau d'alimentation, à la suite de la rupture d'un serpentin de distillation des acides. Unis aux sels calcaires de l'eau de Seine, ils ont formé un dépôt épais qui a permis à la tôle de rougir et de céder à la |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | certaines circonstances contenir des matières grasses provenant des fuites des tuyaux de condensation des acides gras.<br>Le bouilleur de gauche porte, à sa partie d'avant, une pièce rivée au centre de laquelle est une fissure transversale de $0^m,12$ de longueur fermée en son milieu par un goujon plat en cuivre.<br>(L'existence de cette fissure, qui devait se trouver au-dessus du foyer, explique la fuite qui a été vue avant l'accident). | souleva et retomba perpendiculairement à sa position primitive. — Le bouilleur de gauche était déchiré suivant une génératrice sur $0^m,90$ de longueur et suivant deux sections droites du cylindre. — Tôle développée. | | pression de marche. |
| 21 février.. | Atelier de mines à Bessèges (Gard). | Générateur Belleville.<br>Chaque tube est fermé par un tampon maintenu au moyen d'un boulon-ancre en forme de T, introduit par le grand axe de l'ouverture elliptique, et d'un écrou.<br>Timbre 10 k. | La branche transversale du T du boulon-ancre d'un tube s'est rompue. — Section présentant la couleur noirâtre d'une cassure ancienne. — L'aspect fait croire que le fer a été brûlé au forgeage. | Deux ouvriers brûlés très-légèrement, ont repris leur service le lendemain. | Fissure ancienne que l'épreuve et les visites n'avaient point révélée et qu'un serrage trop énergique de l'écrou aura probablement augmentée. |
| 21 février.. | Mines de Roche-la-Molière (Loire). | Chaudière horizontale, cylindrique, à fonds méplats.<br>Longueur $15^m$.<br>Diamètre $1^m,20$.<br>Timbre 4 k. | Vers 1 h. du matin, la chaudière s'est déchirée à sa partie inférieure, sur le premier tiers de sa longueur. — Déchirure de $0^m,70$ sur une largeur variant de 0 à $0^m,03$. | Quelques dégâts matériels. | Défaut d'alimentation. |
| 21 février.. | Forge à Creil (Oise). | Chaudière horizontale, cylindrique, avec 2 bouilleurs à fonds en fonte.<br>Longueur du corps $7^m,50$.<br>Diamètre du corps $1^m,30$.<br>Diamètre des bouilleurs $0^m,80$.<br>Capacité 18 $m^3$, 928.<br>Timbre 4 k., 5.<br>Chauffage par les flammes perdues de trois fours à puddler. | Le jour de l'accident, il s'est produit une fuite de vapeur à la tête du bouilleur, puis une fuite d'eau dans la même région. On les a attribuées à un défaut du joint sans reconnaître qu'il y avait une cassure ancienne. — Le fond en fonte du bouilleur de droite fut projeté en avant. | Trois ouvriers blessés, trois autres atteints. | Cassure ancienne dans la fonte de la tête du bouilleur.<br>Défaut de construction et défaut de surveillance. |
| 18 mars.... | Tannerie à Digoin. | Chaudière horizontale, cylindrique, à foyer intérieur, avec avant-corps pour le séchage du tan servant de combustible.<br>Longueur $6^m$, 10.<br>Diamètre $1^m,34$.<br>Diamètre du foyer $0^m$, 75. | Après une réparation eut lieu une tentative d'épreuve montrant que la chaudière était dans un état inquiétant. — Remise malgré cela en service, la chaudière fit explosion trois jours après. — Le corps de chaudière fut | Un homme tué, un grièvement blessé, deux autres légèrement.<br>Dégâts matériels considérables. | Plusieurs défauts de construction. — Remise en service de l'appareil après une tentative d'épreuve qui avait montré qu'il était dans un état inquiétant. |

| DATE de l'accident. | NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. | NATURE forme et destination de l'appareil. — Détails divers. | CIRCONSTANCES de l'accident. | CONSÉQUENCES de l'accident. | CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Timbre 6 k.<br>Soupapes chargées pour 8 k. 35. | projeté en avant et s'abattit en travers d'une rue. Une virole du foyer, pesant 200k., fut lancée à 60m de distance.<br>Le point de départ de l'explosion paraît devoir être placé vers le milieu du foyer intérieur. | | |
| 23 mai..... | Usine métallurgique au Val d'Osne (Ardennes). | Chaudière installée à la suite d'un four à souder, horizontale, cylindrique, avec bouilleur inférieur.<br>Corps cylindrique : longueur 8m ; diamètre 1m, 10.<br>Bouilleur : longueur 7 m, 96 ; diamètre 0m,75.<br>Capacité 10 m3, 700.<br>Épreuve en 1877 pour 5 k. 1/2. | A 1 h. 40 du matin, détonation sourde ; déchirure sur le côté droit de la chaudière commençant à 0m,10 au-dessus de la rivure longitudinale. — Longuenr 1m,40. | Un ouvrier grièvement brûlé, trois autres légèrement. | Manque d'eau. |
| 17 juillet... | Papeterie à La Haye-Descartes (Indre-et-Loire. | Chaudière formée de 100 tubes en fer de 11 centimètres de diamètre et 3 mètres de longueur, réunis à leurs extrémités par des boîtes en fonte. Réchauffeur formé de 80 tubes recevant l'alimentation. | Le troisième tube du bas sur la gauche s'est déchiré à l'avant du foyer sur une longueur de 50 centimètres et s'est ouvert sur une largeur de 23 centimètres. — Pression 5 k. — Ouverture dans la partie exposée au feu et suivant la soudure. | Chauffeur brûlé mortellement. | Défaut de soudure du tube. — Point faible qui a cédé à un coup de feu énergique aidé peut-être d'une légère incrustation intérieure. |
| 24 juillet... | Forge (chemin de fer) à Mohon (Ardennes). | Chaudière Field chauffée par les flammes perdues d'un four à réchauffer. | Un tube s'est décalotté. La flamme a été refoulée par la vapeur et l'eau. | Chauffeur légèrement brûlé. | Cause restée inconnue. |
| 6 août..... | Exploitation agricole à St-Pardoux (Deux-Sèvres). | Chaudière cylindrique, horizontale, à foyer intérieur ; 4 tubes en cuivre rouge de 105 millimètres de diamètre.<br>Aucune épreuve depuis 1854. — Timbre 5 atmosphères. | L'un des deux tubes supérieurs s'est déchiré à 0m, 20 de la bague, du côté de l'entrée des gaz chauds, et écrasé sur cette longueur. | Néant. | Amincissement du tube et surtout excès de pression (Soupapes calées). |
| 22 août.... | Fabrique de limes à Raismes (Nord). | Chaudière à deux bouilleurs. | La tresse de chanvre formant le joint du trou d'homme du | Un ouvrier brûlé mortellement (Il avait pénétré | Mauvaise confection d'un joint de trou d'homme par les |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | bouilleur de gauche, a sauté sur une longueur de quelques centimètres, laissant entre la plaque du trou d'homme et le bouilleur une rainure étroite par laquelle a jailli l'eau bouillante. | dans un local dont l'accès lui était défendu. | ouvriers chargés de la visite de la chaudière. |
| 23 août.... | Fabrique de chapeaux à Dijon. | Récipient en tôle, cylindrique, vertical, avec un fond supérieur légèrement convexe et un fond inférieur concave dont le bord venait s'appliquer contre la paroi cylindrique à laquelle il était rivé. Diamètre 0m,50; hauteur, 0m,60. | Employé auparavant à l'alimentation d'une petite chaudière à 4 k., 5, il venait d'être adapté, sans épreuve préalable, à une plus grande chaudière à 6 k.,5. La première fois qu'il reçut de la vapeur à une pression estimée de 5 k.,5, le fond s'est détaché sur tout son pourtour. | Cinq ouvriers brûlés, dont deux assez gravement. | Mauvais emploi de l'appareil incapable de résister à une pression aussi importante (6 k., 5). |
| 29 août .... | Usine de manutention à Paris. | Chaudière cylindrique à deux bouilleurs. — Réchauffeur commun à deux chaudières semblables. | Les deux robinets de communication du réchauffeur avec la chaudière étant fermés, on a voulu alimenter. Bruit sourd à l'arrière du réchauffeur. La tête en fonte s'est brisée, un fragment a été lancé à une faible distance sans atteindre personne. | Néant. | Grande pression hydraulique exercée par la pompe alimentaire alors que l'issue de l'eau vers la chaudière était condamnée par la fermeture des robinets d'arrêt. |
| 30 août.... | Exploitation rurale à Balma (Haute-Garonne). | Chaudière tubulaire à foyer intérieur. — Foyer cylindrique à section ovoïde de 1m,05 sur 0m,90 ; il se prolonge par une partie cylindrique de 0m,70 de diamètre et 1m,20 de longueur. — La plaque d'avant, les tubes et le foyer forment un système amovible. — Entretoises compliquées par leur nombre, leur espèce et par les dispositions propres à conserver l'amovibilité du foyer. Timbre 6 kilogrammes. | Le foyer intérieur et la plaque tubulaire ont été lancés à 50 mètres, le corps principal et la machine à 36 mètres dans la direction opposée. Le foyer présentait sur sa paroi de gauche une dépression notable et sur le milieu de la face de droite un affaissement complet accompagné d'une large crevasse transversale; cette crevasse rectiligne passe par cinq trous de rivets fixant une armature. | Un homme tué. | Disposition ovoïde du foyer éminemment déformable par la pression de la vapeur. — Entretoises compliquées, non visitées. — Écrasement du foyer sous une pression qui n'était probablement pas supérieure à la pression normale. |
| 15 septembre | Fabrique de boutons à Paris. | Chaudière cylindrique avec foyer intérieur et 20 tubes de retour de flammes formant un faisceau amovible. Capacité 1187 litres. — Timbre 8 k. | Au moment d'une alimentation, un jet de vapeur et d'eau chaude ouvrit brusquement les portes du foyer. Les six tubes de laiton de la rangée supérieure se sont plus ou moins gondolés et déformés vers leur extrémité posté- | Chauffeur brûlé mortellement. | Défaut d'alimentation. (Orifice inférieur du tube de verre bouché par de la filasse). |

| DATE de l'accident. | NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. | NATURE forme et destination de l'appareil. — Détails divers. | CIRCONSTANCES de l'accident. | CONSÉQUENCES de l'accident. | CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident. |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | | | rieure par laquelle ils reçoivent les gaz chauds. Le troisième de ces tubes était aplati et écrasé sur 36 centimètres de longueur avec une ouverture à la partie supérieure ; ce même tube avait une cassure circulaire à sa partie postérieure, au ras de la bague. | | |
| 20 septembre | Fabrique de colle à Stains (Seine). | Récipient vertical, cylindrique, chauffé par un serpentin. — Hauteur $1^m,40$. — Diamètre $1^m,35$.—Tampon de vidange de $0^m,43$ de diamètre assujetti au moyen de six boulons à charnière fixés autour de l'orifice et se rabattant dans six encoches pratiquées dans la circonférence du tampon. Une barre transversale passe par dessus le tampon et est fixée par deux écrous. | Les deux écrous de la barre ayant seuls été mis pour une opération à blanc, le joint ayant été probablement mal fait et l'un des écrous étant trop peu en prise, le tampon a été projeté. | Un ouvrier brûlé mortellement. | Négligence dans l'ajustage d'un tampon de vidange. |
| 30 septembre | Ferronnerie à Château-Regnault (Ardennes). | Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs.<br>Longueur du corps $3^m,50$; — diamètre $0^m,73$.<br>Longueur des bouilleurs $3^m90$ ; — diamètre $0^m,44$.<br>Epreuve en 1880. — Timbre 6 k.<br>Grille à $0^m,40$ au-dessous de la génératrice inférieure des bouilleurs.<br>La flamme entoure d'abord les bouilleurs, revient par le flanc droit de la chaudière et retourne par le flanc gauche. | La pression étant trop faible, on arrêta la machine pour remonter en pression. Forte détonation. — Nuage de vapeur et flots d'eau bouillante. — Bouilleur de droite déchiré au-dessus de l'autel sur $0^m,20$ de longueur, suivant la génératrice inférieure, et de là, de part et d'autre, en courbe sur une longueur totale de $1^m,07$. — Grande déformation. — Petite quantité de boue onctueuse dans le bouilleur. | Trois personnes tuées. | Coup de feu violent. — Il est probable qu'un rôle important a été joué par un savon terreux très-mauvais conducteur. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | de Calais). | drique, avec un bouilleur. La flamme chauffe d'abord la partie inférieure du corps cylindrique, puis le bouilleur. Longueur du corps 13m,25; — diamètre 0m,92. Longueur des bouilleurs 11m,65; — diamètre 0m,60. Épreuve en 1879. Appareil alimentaire commun à plusieurs chaudières. | à sa partie inférieure au-dessus du foyer sur une longueur de 3 mètres. La chute de la grille a brisé le tuyau d'alimentation de la chaudière voisine qui, n'ayant pas de clapet de retenue, s'est vidée. | | niveau de l'eau (flotteur ou sifflet d'alarme dérangé). |
| 13 octobre.. | Fabrique de caoutchouc à St-Ouen (Seine). | Récipient cylindrique horizontal. — Diamètre 1m,23. — Couvercle en tôle légèrement embouti, assujetti par 21 boulons à charnière fixes sur le corps du récipient. Ces boulons correspondent à autant d'encoches situées au pourtour du couvercle, dans la bande annulaire de fer forgé qui le consolide. | Après plusieurs essais à blanc dans lesquels on avait essayé diverses matières pour faire les joints sans pouvoir éviter les fuites, on en fit un dernier en poussant la pression au-delà de 4 k. — A 4 k. 1/2, le couvercle se déforma, échappa aux boulons et fut projeté. | Mur défoncé. | Défaut de construction. (Insuffisance de rigidité du couvercle). |
| 29 octobre... | Minoterie à Soignolles (Seine-et-Marne). | Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs. Surface de chauffe 22 m. q. | Déchirure produite au bouilleur de gauche, à l'endroit léché par la flamme, sur 0m,70 de longueur. Pas d'explosion. | Un enfant légèrement brûlé. | Vétusté de l'appareil : tôle de bouilleur considérablement réduite d'épaisseur. — Peut-être aussi défaut d'alimentation. |
| 21 novembre | Teinturerie à St-Pierre-les-Calais (Pas-de-Calais). | Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs. Longueur du corps 7m; — diamètre 1m,20. Longueur des bouilleurs 8m; — diamètre 0m,70. Capacité 15 mètres cubes. Timbre 5 k. 5. | Une partie de la tôle du coup de feu du bouilleur de droite s'est déchirée sur une longueur de 87 centimètres, suivant une génératrice. | Dégâts presque nuls. | Défaut d'alimentation. |
| 4 décembre. | Fabrique de sucre à St-Aubin (Jura). | Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs. Longueur du corps 6m,10; — diamètre 1m. Capacité 10m3,471. Timbre 7k. | Après 2 heures de chauffe, le bouilleur de droite, composé de trois viroles, s'est ouvert sur une longueur de 1m,20, à partir de la ligne de rivets qui réunit la première virole à la deuxième, et s'étend sur cette dernière. Une cloche s'est produite sur le fond de la chaudière placé au retour de flammes. | Dégâts matériels. | Insuffisance d'alimentation. |

| DATE de l'accident. | NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. | NATURE forme et destination de l'appareil. — Détails divers. | CIRCONSTANCES de l'accident. | CONSÉQUENCES de l'accident. | CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 décembre. | Filature à Givonne (Ardennes). | Générateur cylindrique, horizontal, à deux bouilleurs inférieurs et un réchauffeur latéral.—Capacité $17^{m3},200$. — Le réchauffeur communique avec le corps principal par un tuyau placé au-dessus de la chaudière et plongeant, d'une part, au fond du corps principal, de l'autre au fond du réchauffeur. — Un robinet était placé sur ce tuyau. | Le chauffeur alimenta sans avoir ouvert le robinet du tuyau de communication entre le réchauffeur et la chaudière. — Sourde détonation. — Déchirure de $0^m,90$ de longueur le long d'une rivure horizontale du réchauffeur. | Néant. | Pression excessive causée par l'alimentation dans le réchauffeur isolé de la chaudière par suite d'une disposition vicieuse et d'une fausse manœuvre. |
| 6 décembre. | Minoterie à Agde (Hérault) | Chaudière horizontale, cylindrique, à deux bouilleurs réunis au corps par une communication longue.<br>Timbre 5 k.<br>La flamme lèche d'abord la partie inferieure du corps cylindrique, puis le bouilleur de droite, enfin le bouilleur de gauche. | Le bouilleur de gauche s'est ouvert à la partie supérieure de la deuxième virole, en un point où la tôle a à peine un millimètre d'épaisseur. — La déchirure s'est prolongée sur la troisième virole. | Dégâts matériels assez importants. | Extrême amincissement de la tôle par suite d'usure ou de corrosions. |
| 8 décembre. | Fabrique de plâtre à Clermont-l'Hérault (Hérault) | Chaudière à bouilleurs latéraux.<br>Alimentation dans le bouilleur inférieur, le dernier en contact avec le courant des flammes.<br>Timbre 5 k. | Le bouilleur inférieur a fait explosion. — La tôle s'est déchirée vers le milieu du bouilleur à la partie supérieure, suivant l'axe, en s'ouvrant des deux côtés par des déchirures transversales produisant une ouverture de $0^m,23$ sur $0^m,30$. | Néant. | Amincissement extrême de la tôle par suite d'un long usage |
| 13 décembre | Exploitation agricole à Loudon (Seine-et-Marne) | Chaudière de locomobile, cylindrique, tubulaire, avec foyer intérieur vertical.<br>20 tubes en cuivre.<br>Timbre 6 k.<br>Epreuve en 1881. | Peu après le retour du chauffeur absent depuis près d'une heure, la chaudière fit explosion ; plusieurs fragments ont été lancés au loin. | Un homme tué. | Inconnue. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (Corrèze). | ...drique, avec deux bouilleurs. Longueur du corps $8^m,76$ ; — diamètre $1^m,10$. Longueur des bouilleurs $9^m,40$; — diamètre $0^m,60$. Épreuve en 1880. | ...remarqué un suintement à la surface inférieure du bouilleur de droite sans y attacher d'importance. En pleine marche le bouilleur s'est ouvert sans explosion au tiers de sa longueur du côté du foyer. | | | ...dans son ... qualité médiocre, et principalement négligence dans la surveillance de l'appareil. |
| 20 décembre | Papeterie à Sorel-Moussel (Eure-et-Loir). | Lessiveur horizontal en tôle.— Diamètre $1^m,85$.—Tourillons aux centres des fonds ; la vapeur arrive par l'un d'eux et sort par l'autre. Les fonds sont reliés à la partie cylindrique par une cornière. Timbre 2 k. | La cornière du côté du fond s'est rompue dans l'angle sur toute sa longueur. | Un ouvrier tué. | | Excès de pression.—Moyens de modérer la pression de la vapeur à l'entrée défectueux; évacuation de la vapeur ne pouvant se faire que par des orifices très-insuffisants. |

# RÉSUMÉ.

## RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

| | NOMBRES. | TUÉS. | BLESSÉS (1) |
|---|---|---|---|
| **1° Par nature d'établissements :** | | | |
| Bateau | 1 | 1 | » |
| Bougies (Fabrique de) | 1 | 2 | 1 |
| Boutons (Fabrique de) | 1 | 1 | » |
| Caoutchouc (Fabrique de) | 1 | » | » |
| Chapeaux (Fabrique de) | 1 | » | 2 |
| Colle (Fabrique de) | 1 | 1 | » |
| Exploitation agricole | 3 | 2 | » |
| Ferronnerie | 1 | 3 | » |
| Filature | 1 | » | » |
| Forges | 2 | » | 3 |
| Limes (Fabrique de) | 1 | 1 | » |
| Manutention | 1 | » | » |
| Métallurgie (Usine de) | 1 | » | 1 |
| Mines | 3 | 1 | » |
| Minoterie | 2 | » | » |
| Papeterie | 3 | 2 | » |
| Plâtre (Fabrique de) | 1 | » | » |
| Scierie | 1 | » | 1 |
| Sucrerie | 1 | » | » |
| Tannerie | 1 | 1 | 2 |
| Teinturerie | 1 | » | » |
| Totaux | 29 | 15 | 10 |
| **2° Par espèces d'appareils :** | | | |
| *Chaudières sans foyer intérieur :* | | | |
| Horizontales non tubulaires, avec ou sans bouilleurs | 15 | 7 | 5 |
| *Chaudières avec foyer intérieur :* | | | |
| Horizontales non tubulaires | 1 | 1 | 2 |
| Horizontales plus ou moins tubulaires | 6 | 4 | 1 |
| *Récipients* | 4 | 2 | 2 |
| *Chaudières et appareils divers* | 3 | 1 | » |
| Totaux | 29 | 15 | 10 |

**3° D'après les causes présumées (2) :**

| | |
|---|---|
| *Conditions défectueuses d'établissement :* | |
| Construction, disposition, installation ou matières défectueuses | 8 |
| *Conditions défectueuses d'entretien :* | |
| Usure. — Fatigue ou amincissement du métal | 4 |
| Réparations non faites ou défectueuses | 3 |
| *Mauvais emploi des appareils :* | |
| Manque d'eau (suivi ou non d'alimentation intempestive) | 8 |
| Excès de pression | 2 |
| Autres imprudences ou négligences | 10 |
| *Cause inconnue* | 2 |

(1) On n'a inscrit comme blessés que ceux qui ont eu au moins 20 jours d'incapacité de travail.

(2) Le nombre total des causes est supérieur à celui des accidents, parce que le même accident a été quelquefois attribué à plusieurs causes réunies.

# RAPPORT
## PRÉSENTÉ AU COMITÉ DE L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES CHEMINS DE FER
## AU NOM DE LA SOUS-COMMISSION (*) DES TRAINS LÉGERS ET ÉCONOMIQUES DITS TRAINS-TRAMWAYS

Par M. HEURTEAU, ingénieur des mines.

Par une dépêche, en date du 14 mai 1881, M. le Ministre des travaux publics a invité le Comité de l'exploitation technique des chemins de fer à charger une sous-commission, prise dans son sein, de l'étude des questions relatives à l'organisation des trains de voyageurs légers et économiques, analogues à ceux qui existent déjà en Autriche et en Allemagne sous la dénomination des trains-tramways.

Après avoir constaté que les trois catégories de trains par lesquels s'effectue actuellement le transport des voyageurs sur nos voies ferrées, trains rapides, express, ou di-

(*) Cette sous-commission était composée de MM. Tournaire, inspecteur général des mines, *président;* Brame, inspecteur général des ponts et chaussées; Sévène, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de la compagnie du chemin de fer d'Orléans; Mayer, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la compagnie des chemins de fer de l'Ouest, et Heurteau, ingénieur des mines, *rapporteur.*

rects, trains omnibus, et trains mixtes, ont pour caractère commun d'être très dispendieux, en raison de leur lourde charge qui nécesssite un moteur très pesant et de grande puissance, M. le Ministre pense que cette situation peut être améliorée par la mise en marche de trains légers et économiques.

Dans la pensée de l'administration supérieure, cette organisation nouvelle serait destinée, en premier lieu, à améliorer les conditions d'exploitation des lignes à faible trafic, telles que celles du troisième réseau ; elle permettrait d'y multiplier sans trop de frais le nombre des trains de voyageurs, et de séparer ce service de celui des marchandises, de façon à mieux desservir les relations locales et à épargner aux voyageurs les sujétions inhérentes au service des marchandises.

Sur les lignes à grand trafic, il serait également avantageux, dans bien des cas, de pouvoir intercaler à peu de frais des trains de section légers entre les trains de grands parcours; ceux-ci en effet ne peuvent pas toujours, en raison des sujétions auxquelles ils sont tenus, desservir les gares intermédiaires dans les conditions qui répondent le mieux aux besoins locaux.

Enfin la mise en marche de trains légers et peu dispendieux pourrait sans doute permettre de doter de services de banlieue un certain nombre de villes qui en sont privées dans les conditions actuelles.

L'Administration supérieure considère comme un premier pas dans cette nouvelle voie le décret du 20 mai 1880, qui attribue au ministre des travaux publics le droit d'autoriser les compagnies à mettre en circulation des voitures à vapeur portant leur moteur avec elles, et des locomotives-tenders de faible poids remorquant une ou plusieurs voitures, sans interposition de fourgon. Elle a cru devoir, avant d'aller plus loin, se renseigner sur l'état de la question à l'étranger. En transmettant au Comité les renseignements

qui lui ont été fournis par M. Kopp, ingénieur des ponts et chaussées, directeur général de la société des chemins de fer de l'Etat en Autriche-Hongrie, M. le ministre invite le Comité à charger de l'examen de la question une commission d'études, avec mission de rédiger un programme et d'arrêter les bases des propositions qu'il conviendrait de demander aux compagnies pour arriver à une solution satisfaisante du problème.

A la dépêche ministérielle dont nous venons de résumer les termes, étaient jointes :

1° Une note de M. Kopp, directeur de la société autrichienne des chemins de fer de l'Etat, sur *le mode d'organisation du service des trains et de la traction sur les chemins à faible trafic et sur les trains dits trains-tramways ;*

2° Une note de M. Polonceau, ingénieur en chef de la même société, sur *l'exploitation secondaire de certaines lignes de chemins de fer* ;

3° Une série de dessins, avec notices à l'appui, relatifs au matériel roulant employés pour le service des lignes secondaires en Autriche-Hongrie et en Allemagne.

Ces documents, dont l'examen a dû être le point de départ des travaux de la sous-commission, ont été distribués aux membres du Comité, et ils sont annexés au présent rapport. Nous ne pouvons cependant nous dispenser d'en résumer ici les points principaux.

Les trains légers et économiques, dits trains-tramways, caractérisés par une vitesse réduite par une faible charge et par certaines simplifications dans leurs conditions d'exploitation, sont appliqués en Autriche dans deux cas bien distincts :

D'abord, pour l'exploitation des chemins de fer à faible trafic.

M. Kopp cite, comme étant ainsi desservies exclusivement par des trains-tramways, 11 lignes, formant un développement total de 272 kilomètres, et appartenant aux trois

réseaux du Nord-Ouest autrichien, du Sud de l'Autriche et de l'Etat autrichien. La longueur de ces lignes varie depuis 2 kil. 7 (ligne de Pardubitz à Rassitz) jusqu'à 81 kilomètres (ligne de Leobersdorf-Saint-Polten). Le service s'y faisait autrefois par trains mixtes, avec généralement un seul train par jour dans chaque sens. Dans ces conditions, évidemment par trop défectueuses, le mouvement des voyageurs ne pouvait pas se développer. On a pu améliorer cette situation, sans dépenses excessives, par l'organisation de trains-tramways faisant généralement un service de navette, exigeant peu de personnel, et consommant peu de combustible en raison de leur faible charge. La circulation sur ces lignes varie aujourd'hui de 2 à 4 trains par jour dans chaque sens ; elle atteint 5 trains par jour sur la petite ligne de Pardubitz à Rossitz, qui a moins de 3 kilomètres. C'est à peine encore, il n'est pas inutile de le constater, ce que l'on considère en France comme un minimum pour le service des lignes secondaires.

Le second cas est celui des trains supplémentaires intercalés entre les trains ordinaires sur des sections de grandes lignes, et en particulier dans la banlieue des grandes villes.

Ce système est appliqué en Autriche par les trois sociétés du Nord-Ouest autrichien, de l'Impératrice Elisabeth, et des chemins de fer de l'Etat, sur un ensemble de 14 lignes formant au total 832 kilomètres. La longueur des sections ainsi desservies varie de 4 kil. 5 (ligne de Pelsdorf à Hohenelbe) à 152 kil. 3 (ligne de Saint-Polten-Wels). Le nombre des trains-tramways intercalés entre les trains ordinaires est généralement de 1 à 2 par jour. Il est de 4 par jour sur la ligne de Wostremer à Siein (17 kil. 5), et de 5 par jour sur la ligne de Trautenau à Freiheit qui n'a que 10 kilomètres. Pour bien desservir les relations locales, ces trains prennent et déposent des voyageurs sans bagages dans des haltes, qui sont situées dans l'intervalle des sta-

tions, à proximité des centres d'habitation, sans installations spéciales.

En Prusse, d'après les renseignements fournis par M. Polonceau, le service des trains-tramways a été organisé dans la banlieue de Berlin sur 3 sections de 12, 14, et 32 kilomètres, et entre Dresde et Lehrtre sur 19 kilomètres. Le service se fait en navette, et le nombre des trains-tramways intercalés entre les trains ordinaires varie de 1 à 6 par jour dans chaque sens. Ils ne prennent que des voyageurs de troisième classe sans bagages.

En Prusse, comme en Autriche, l'organisation de ces trains-tramways paraît avoir produit de bons résultats. Nous avons à nous rendre compte, au point de vue technique, des conditions dans lesquels ces résultats sont obtenus.

La traction des trains-tramways se fait, suivant les cas, soit par des locomotives ordinaires, soit par des locomotives moins puissantes et plus légères construites spécialement en vue de ce service, soit enfin, mais plus rarement, au moyen de voitures à vapeur. Les types spéciaux adoptés en Autriche et en Allemagne par un certain nombre de compagnies sont décrits d'une manière très intéressante et très complète dans les notices et les dessins joints à la note de M. Polonceau. Jusqu'à présent la compagnie autrichienne des chemins de fer de l'Etat n'en a pas fait usage ; elle préfère faire le service de ses trains-tramways avec ses machines ordinaires. Quant aux voitures qui entrent dans la composition de ces trains, ce sont le plus généralement des voitures ordinaires ; cependant M. Polonceau donne le dessin d'un certain nombre de types spéciaux, voitures mixtes avec compartiments de bagages, ou voitures à deux étages, qui sont employés sur certaines lignes pour ce service.

Les trains-tramways existant en Autriche ne sont donc pas caractérisés par l'emploi d'un moteur ni d'un maté-

riel spécial. Ils ne se distinguent en réalité des trains ordinaires, au point de vue technique, que par certaines simplifications introduites dans leur service. Le régime des trains-tramways n'est d'ailleurs pas réglementé d'une manière uniforme; les dérogations aux règlements généraux autorisées en faveur de ces trains par l'administration publique sont, dans chaque cas particulier, l'objet d'une décision spéciale. En fait, ces dérogations sont toujours subordonnées à la limitation de la vitesse de marche dont le maximum est généralement de 30 kilomètres à l'heure.

Le but poursuivi est d'abord de diminuer les dépenses des trains, en réduisant autant que possible leur poids mort et leur personnel; en second lieu, de simplifier leur service de façon à leur permettre de desservir les besoins locaux sur tout leur parcours, sans dépenses spéciales de personnel ni d'installations. Les facilités accordées en vue d'atteindre ce double résultat sont généralement les suivantes:

1° Le fourgon intercalé entre la machine et la première voiture du train peut être supprimé toutes les fois que le train ne se compose pas de plus de trois voitures.

2° Dans le même cas, le personnel des conducteurs peut être réduit au seul chef de train.

3° Si, le train ne se composant pas de plus de trois voitures, la locomotive est construite de manière à communiquer par une plate-forme avec la première voiture, on peut supprimer le chauffeur, et réduire ainsi tout le personnel qui accompagne le train à deux agents se composant d'un machiniste et d'un conducteur chef de train. Ce dernier doit seulement être apte à arrêter le train en cas de besoin, lorsqu'un signal spécial l'appelle sur la machine.

4° La machine doit toujours être placée en tête du train; mais elle peut circuler tender en avant, ce qui permet de faire facilement un service de navette.

5° Enfin, les trains peuvent s'arrêter en dehors des stations, près des passages à niveau situés à proximité des centres d'habitation, lorsqu'ils ont à y prendre ou à y laisser des voyageurs. Dans ce dernier cas, le train s'arrête sur la présentation d'un signal d'arrêt. Ces haltes sont d'ailleurs dépourvues de toute installation spéciale. Elles ne sont pas protégées par les disques. Les trains qui y stationnent sont couverts par le garde-ligne le plus proche. On n'y prend et on n'y laisse d'ailleurs que des voyageurs sans bagages.

En Prusse les conditions d'exploitation des trains-tramways sont à peu près les mêmes, sauf que ces trains ne peuvent être composés que de voitures de 3e classe, et que la suppression du chauffeur n'y est autorisée dans aucun cas.

Toutes les règles destinées à assurer la sécurité de la circulation sur les lignes principales sont d'ailleurs toujours applicables aux trains-tramways comme aux trains ordinaires. Quant aux lignes secondaires, le service des trains y est, en Autriche, notablement simplifié; cela fait partie d'un ensemble de mesures combinées en vue d'une construction et d'une exploitation économiques, telles que la suppression des clôtures, des barrières des passages à niveau, et des mâts de signaux, la simplification du service des stations, etc.

La sous-commission n'avait pas à traiter cette question générale de la recherche d'un mode d'exploitation économique des lignes secondaires. Restreignant donc son examen à la question spéciale posée par la dépêche ministérielle du 14 mai 1881, c'est-à-dire à ce qui concerne le service des trains, la sous-commission a été unanime à penser : qu'en principe il était rationnel d'affranchir, comme on le fait en Autriche, les trains légers et de moyenne vitesse, sur les lignes principales aussi bien que sur les lignes secondaires, d'une partie des règles et des sujé-

tions auxquelles les trains ordinaires sont soumis; qu'en fait, l'administration supérieure pourrait, en accordant ces facilités, non seulement dégrever le service d'exploitation de certaines lignes d'un surcroît de dépenses superflues, mais encore faciliter la réalisation d'améliorations utiles.

Ces améliorations peuvent consister en premier lieu dans une augmentation du nombre des trains, à la faveur de la réduction des dépenses spéciales qui sont proportionnelles à leurs parcours. Ce serait là certainement un résultat d'un grand intérêt pour l'exploitation des lignes à faible trafic, et principalement des lignes transversales. Souvent, en effet, en raison des correspondances à assurer aux points de soudure avec les lignes principales, le service ne peut y être bien fait qu'avec un nombre de trains qui, dans les conditions d'exploitation ordinaires, nécessiterait des dépenses tout à fait hors de proportion avec l'importance du trafic.

Seulement, il importe de se rendre un compte exact de ce que peut être la valeur réelle des économies à réaliser. C'est là la première question sur laquelle l'attention de la sous-commission a dû se porter, et qui doit être ici l'objet d'une discussion.

Dans cet examen, nous n'avons à nous occuper que des dépenses qui sont spéciales au service des trains et qui croissent proportionnellement à leur parcours. Bien que les dépenses des gares et stations, ainsi que celles de l'entretien de la voie pour la partie qui correspond à l'usure des rails, puissent être considérées dans une certaine mesure comme croissant avec le nombre des trains, nous ferons abstraction de ces variations, dont l'influence n'est que secondaire, et qui seraient d'ailleurs difficilement appréciables.

Les dépenses que nous avons à considérer, celles qu'on se propose de réduire, sont les dépenses propres du train, savoir :

1° La consommation de matières, combustible, eau et matières grasses ;

2° Les frais de conduite du train, comprenant les appointements, primes et frais de déplacement des machinistes, chauffeurs, chefs de trains et conducteurs ;

3° Enfin les frais de réparation et d'entretien des machines et des wagons, ainsi que ceux d'éclairage et de chauffage des trains, frais qu'on s'accorde généralement à considérer comme proportionnels au parcours du matériel.

Il serait donc utile de se rendre tout d'abord un compte exact de ce que sont les dépenses de ces divers chefs pour les trains dont on se propose de modifier l'organisation. Malheureusement, cette évaluation ne peut pas être faite avec précision. Les statistiques donnent bien, pour les différents réseaux, les divers éléments de la dépense moyenne par kilomètre de train. Mais ce ne sont là que des moyennes, dont il est impossible de déduire ce qu'est la dépense effective d'un train sur une section de ligne déterminée. Cette dépense varie en effet, non seulement avec la charge du train et avec le profil de la ligne, mais avec les circonstances locales, qui, eu égard à la longueur de la section considérée et à sa situation par rapport au reste du réseau, peuvent permettre d'y organiser le service avec un roulement plus ou moins avantageux du personnel et des machines. En nous en tenant aux moyennes, et d'après les documents statistiques publiés par la direction générale des chemins de fer pour l'année 1878, la dépense moyenne d'exploitation par kilomètre de train s'est élevée pendant cet exercice, pour l'ensemble du réseau français, à 2f,80, se décomposant comme il suit :

| | |
|---|---|
| Administration centrale. . . . . . . . . . | 0f,15 |
| Exploitation proprement dite. . . . . . . | 0 ,89 |
| Traction et matériel roulant. . . . . . . . | 0 ,96 |
| *A reporter*. . . . . . . | 2f,00 |

| | |
|---|---|
| *Report* . . . . . . . . . | 2f,00 |
| Voie . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,68 |
| Divers . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,12 |
| Total. . . . . . . . . . | 2f,80 |

Les 96 centimes décomptés ci-dessus pour les dépenses de traction comprennent celles qui sont relatives au personnel des dépôts, des ateliers et des services centraux. En en faisant abstraction, il nous reste à considérer, comme dépenses propres au service des trains et croissant proportionnellement à leurs parcours :

1° Les dépenses de combustibles et de matières. Ces dépenses sont en moyenne, pour l'ensemble des six grandes compagnies, de 28 centimes par kilomètre. Mais elles sont inférieures à cette moyenne et se rapprochent probablement de 20 centimes pour les trains peu chargés des lignes secondaires.

2° Les dépenses d'entretien des machines et des wagons, qui sont en partie proportionnelles au parcours et à la charge des trains, et qui s'élèvent en moyenne, d'après la statistique, à 0f,21 par kilomètre de train.

3° Les dépenses du personnel chargé de la conduite des machines. Dans la statistique, ces dépenses sont confondues avec celles du personnel du service central et des dépôts, et le total est en moyenne, pour les six grandes compagnies, de 0f,31. Nous ne croyons pas être au-dessous de la vérité en évaluant à 0,f16 au maximum, par train kilométrique, la moyenne des frais de conduite comprenant les appointements, primes, et frais de déplacement du machiniste et du chauffeur.

Quant aux dépenses relatives à la solde et aux frais de déplacement des chefs de train et des conducteurs, elles sont noyées dans l'ensemble des dépenses des services de l'exploitation. C'est d'ailleurs un élément très variable d'une section à une autre, suivant le profil de la ligne du-

quel dépend le nombre de freins à servir, et aussi suivant la manière plus ou moins avantageuse dont le roulement du personnel peut être organisé. Nous évaluerons cet élément de dépenses à environ 0f,11 par kilomètre, ce qui pourrait correspondre à une équipe composée d'un chef de train et de deux conducteurs et effectuant un parcours journalier de 150 kilomètres.

En résumé, les seules dépenses sur lesquelles puissent porter directement les réductions que nous avons en vue peuvent donc être évaluées approximativement comme il suit :

| | |
|---|---|
| Consommation de combustible et de matières. . . . . . . de | 0f,20 à 0f,25 |
| Personnel pour la conduite des machines . . . . . . . . . . . | 0 ,16 |
| Agents du train . . . . . . . . . . | 0 ,11 |
| Réparation et entretien du matériel . . . . . . . . . . . . . | 0 ,21 |
| Soit au total. . . . | 0f,68 à 0f,73 par kilomètre de train. |

Les simplifications projetées ne peuvent avoir qu'une faible influence sur les dépenses d'entretien et de réparation du matériel. En ce qui concerne les machines ces dépenses ne pourraient guère qu'être augmentées par l'emploi d'un matériel spécial. Quant aux frais d'entretien des voitures, on en fait généralement l'application proportionnellement au parcours des véhicules ; il s'en suit que les dépenses à compter de ce chef pour un train donné sont inversement proportionnelles au nombre de voitures dont il se compose. On bénéficiera donc directement de toute mesure ayant pour objet de réduire la composition du train, soit par la suppression du fourgon, soit par la réduction du nombre des classes. Les économies à réaliser de ce chef ne peuvent avoir d'ailleurs qu'une importance relativement minime, étant donnée la faible composition ordinaire des

trains dont il s'agit. Il en est de même des dépenses d'éclairage et de chauffage, qui sont également proportionnelles au parcours et à la composition des trains, et dont nous devons faire ici mention, bien que les éléments nous manquent pour les évaluer avec précision.

Restent donc les économies à réaliser sur les dépenses de combustible et de personnel. Ces dépenses peuvent s'élever, d'après nos évaluations, les premières à $0^{f},20$ ou $0^{f},25$, les secondes à environ $0^{f},27$, soit au total à $0^{f},47$ ou $0^{f},52$ par kilomètre de train.

L'économie sur le combustible peut être obtenue, soit simplement, sans changer le moteur, par la réduction de la vitesse et par la diminution de la charge au moyen de la suppression d'une des trois classes et du fourgon placé derrière la machine, soit par l'emploi d'un moteur spécial de puissance réduite et de faible poids.

En ce qui concerne ces moteurs spéciaux, la sous-commission se trouvait saisie d'abord, par les notices et les dessins joints à la note de M. Polonceau, de la description de plusieurs types de locomotives-tenders de faible puissance et de voitures à vapeur employées pour la traction des trains-tramways sur diverses lignes d'Autriche et d'Allemagne. Elle avait été saisie d'autre part, par l'administration centrale, d'une communication relative à la voiture à vapeur du système Thomas, qui est employée depuis quelque temps sur le chemin de fer Louis de Hesse. Enfin, M. Worms de Romilly a donné, dans la sixième livraison de 1879 des *Annales des Mines*, une étude complète de la voiture à vapeur du système Belpaire qui circule depuis plusieurs années sur diverses lignes de l'État belge; deux voitures analogues sont en service en France, depuis 1879, sur le réseau de l'État. Sans vouloir aborder l'étude détaillée et la comparaison de ces divers types de moteurs, nous nous contenterons de constater que, par leur emploi, la consommation de houille peut se trouver réduite à 3

ou 4 kilog. par kilomètre; cela peut représenter, par rapport à ce que consommeraient les machines ordinaires effectuant le même service, une économie d'environ 3 à 4 kilog. de charbon, soit d'environ 0f,07 à 0f,09 par train kilométrique, en comptant le charbon à 23 francs la tonne. Cette économie ne serait assurément pas négligeable; il est permis toutefois de se demander si on doit voir là une considération suffisamment décisive pour recommander dans tous les cas l'emploi de moteurs spéciaux pour le service des trains-tramways.

Nous avons dit plus haut que la société autrichienne des chemins de fer de l'État faisait la traction de tous ses trains-tramways avec ses machines ordinaires. D'après M. Polonceau cette solution aurait l'avantage de se prêter, dans bien des cas, à des combinaisons économiques au point de vue du roulement du personnel et des machines. On fait remorquer les trains-tramways, soit par une machine de manœuvre de la gare tête de ligne, soit par une machine y rentrant au dépôt. On supprime ainsi la dépense d'allumage et de mise en pression qui, pour des trains de petit parcours, est loin d'être négligeable. Ces avantages, et ceux résultant, au point de vue de la simplicité, de la diminution du nombre des types, compenseraient et au delà, dans l'opinion de M. Polonceau, la faible économie que l'emploi d'un moteur spécial peut permettre de réaliser sur le combustible. Les moteurs spéciaux ont d'ailleurs l'inconvénient de n'avoir pas toujours l'élasticité nécessaire pour se prêter aux nécessités imprévues du service, et de devenir à la longue inutilisables lorsque la composition des trains doit être augmentée par suite du développement normal du trafic.

La sous-commission n'a pas cru devoir se prononcer en principe sur cette question, considérant que la solution à adopter doit, dans la pratique, dépendre des circonstances. Pour telle petite ligne faisant partie intégrante d'un grand

réseau, la compagnie qui l'exploite pourra avoir intérêt suivant les cas, soit à utiliser, en les y spécialisant, ses plus anciens types de machines, soit au contraire à faire faire le service par des machines entrant dans le roulement général. Sur tel autre tronçon isolé, où le trafic doit pendant longtemps rester assez faible pour qu'un moteur de faible puissance puisse assurer le service, l'emploi d'un pareil moteur peut permettre de réaliser une économie sur le prix d'achat du matériel, en même temps que sur les frais d'exploitation.

Quant au type du moteur spécial à adopter, dans le cas où cette solution serait justifiée, tout en manifestant sa préférence pour les locomotives-tenders de faible puissance, qui lui paraissent être d'un entretien et d'un maniement plus faciles que les voitures à vapeur, et qui offrent plus d'élasticité pour se prêter aux exigences variables du service, la sous-commission a pensé qu'il n'y avait pas lieu de poser à cet égard de règle absolue, et que toute liberté de choix devait être laissée aux administrations de chemin de fer intéressées.

En définitive, l'économie à réaliser sur le combustible varie suivant le type du moteur qu'il peut convenir d'adopter dans les divers cas; elle peut s'élever au maximum, et à la condition de se servir d'un moteur spécial, à 7 ou 9 centimes par train kilométrique. Passons maintenant à la question du personnel.

Par application du décret du 20 mai 1880, et par dérogation aux dispositions des articles 18 et 20 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, le Ministre des travaux publics peut autoriser à titre d'essai, pour le service des voyageurs, la mise en circulation de voitures à vapeur portant leur moteur avec elles ou de locomotives-tenders de faible poids, remorquant une ou plusieurs voitures sans interposition de fourgon. Dans le cas d'une seule voiture le personnel des agents accompagnant les voyageurs peut

être réduit à un mécanicien et à un conducteur garde-frein. Nous avons vu qu'en Autriche cette latitude s'étend aux trains composés de trois voitures, sous la condition qu'il y ait possibilité de passer en cas de besoin de la locomotive sur la machine, et que le chef de train soit capable d'arrêter la machine. Il n'y aurait sans doute pas d'inconvénient réel à étendre les dispositions du décret du 20 mai 1880 à tous les cas où la machine et les voitures seraient disposées de telle sorte que le chef de train puisse toujours voir ce qui se passe sur la machine, et s'y porter en cas de besoin. Il peut même y avoir dans la pratique des difficultés réelles à limiter l'autorisation donnée au cas où le train ne se compose que d'une seule voiture; on peut ainsi se trouver dans l'embarras, lorsque des circonstances imprévues nécessitent l'adjonction d'une voiture supplémentaire. La sous-commission n'a cependant pas pensé qu'il y eût lieu de provoquer, dès à présent, une modification du décret du 20 mai 1880, sans attendre qu'une expérience suffisamment prolongée ait permis d'en juger les effets. Quant à exiger que le chef de train soit capable d'arrêter la machine en cas de besoin, la sous-commission a pensé que cette condition s'imposait trop naturellement pour qu'il fût nécessaire d'en faire l'objet d'une prescription formelle. Dans ces conditions, les dépenses afférentes à la conduite de la machine, que nous avons évaluées à 16 centimes au maximum par train kilométrique, peuvent se trouver réduites d'environ 6 à 7 centimes par la suppression du chauffeur, mais dans le cas seulement où le train se compose d'une seule voiture.

Quant au nombre des conducteurs, il dépend d'abord du nombre de freins à servir, et à ce point de vue un agent peut suffire dans la plupart des cas pour les trains de faible composition; mais il faut en outre, dans les conditions d'exploitation ordinaire, que le personnel du train soit suffisant pour aller le couvrir en cas d'arrêt imprévu en

pleine voie. Cette couverture doit être faite à l'arrière sur les lignes à double voie, et à l'avant et à l'arrière s'il s'agit d'une voie unique. Pour satisfaire à ces conditions les trains sont généralement accompagnés par un conducteur au minimum sur les lignes à double voie, et par deux conducteurs sur les voies uniques, non compris le chef de train, qui ne doit pas quitter le train de la sécurité duquel il est responsable; soit un effectif minimum de deux agents sur la double voie et de trois sur la voie unique.

En Autriche on admet qu'en cas d'arrêt imprévu en pleine voie le train est couvert à l'arrière par le chef de train; le chauffeur couvre à l'avant sur les voies uniques. Des coups de sifflets répétés appellent les gardes-lignes qui doivent venir relever les agents du train; pendant leur absence le train reste sous la garde du machiniste. C'est encore un effectif minimum de trois agents sur les lignes à voie unique, et nous ne concevons pas comment on pourrait le réduire davantage, sauf sur des lignes de très petite circulation telles que celles qui sont exploitées en navette, où on pourrait se départir des règles ordinaires sans compromettre la sécurité. On ne doit pas d'ailleurs se dissimuler que le système autrichien, dans lequel le chef de train est chargé de couvrir lui-même son train en cas d'arrêt en pleine voie, outre qu'il a l'inconvénient de déplacer les responsabilités en laissant le train sous la garde du machiniste, ne pourrait pas être appliqué sans inconvénient sur les lignes à grande circulation sur lesquelles les trains-tramways se trouveraient intercalés entre les trains ordinaires. On risquerait en effet, dans bien des cas, soit d'abandonner le chef du train sur la voie, soit de prolonger inutilement le stationnement du train ce qui peut compromettre la régularité du service et par conséquent la sécurité. Les économies à effectuer sur le personnel des conducteurs ne sont donc pas toujours réalisables, et elles restent subordonnées aux me-

sures à prendre pour assurer la sécurité en cas d'arrêt du train en pleine voie ; les dépenses afférentes à ce personnel ne sont d'ailleurs, ainsi que nous l'avons vu, que d'environ 11 centimes par kilomètre de train, dans les conditions normales.

En résumé, d'après l'analyse que nous venons de faire, les économies qu'on peut espérer réaliser sur les dépenses propres du service des trains pourraient être la conséquence :

1° En ce qui concerne la consommation de combustible, de la diminution du poids mort par suite de la suppression du fourgon placé derrière la machine et de la suppression d'une des classes, de la limitation de la vitesse, et enfin, dans certains cas à déterminer, de l'adoption d'un type spécial de moteur ;

2° Pour les dépenses du personnel, de l'application des dispositions du décret du 20 mai 1880, dispositions qui pourraient sans doute être étendues par la suite, mais qui ne peuvent pas toujours produire tous leurs effets, au moins pour des trains-tramways circulant sur des lignes à voie unique de grande fréquentation, en raison de la nécessité d'avoir un personnel suffisant pour couvrir le train en cas d'arrêt imprévu en pleine voie.

Ces économies peuvent s'élever, par train kilométrique, à 7 ou 9 centimes pour le combustible, si on fait usage d'un petit moteur spécial, et à 13 centimes environ pour le personnel, dans le cas où on peut user complètement du bénéfice du décret du 20 mai 1880. Ce ne serait pas là, assurément, des résultats sans importance ; à tous les points de vue il est très désirable qu'on accorde aux compagnies de chemins de fer, toutes les fois que cela est possible, les autorisations nécessaires pour réduire les dépenses inutiles. Elles pourront d'ailleurs, grâce à ces facilités nouvelles, donner plus aisément satisfaction aux vœux des populations par la création de nouveaux trains.

Il faut bien cependant convenir que, d'après les chiffres que nous venons d'indiquer, il ne s'agit dans la plupart des cas que d'économies très modestes, sur les conséquences desquelles il serait dangereux de se faire illusion. Ainsi ce serait une erreur de croire que, grâce à l'organisation de ces trains légers, il puisse y avoir avantage au point de vue de l'économie à séparer le service des voyageurs de celui des marchandises. C'est un principe élémentaire que, quel que soit d'ailleurs le moteur employé, la dépense par unité de poids remorquée varie toujours en raison inverse de la charge du train. Aussi bien au point de vue de la consommation du combustible qu'à celui de la dépense de personnel, la solution de beaucoup la plus économique sera toujours de réduire le nombre des trains en complétant les trains de voyageurs avec les wagons à marchandises. Il ne peut d'ailleurs, il importe de le bien comprendre, en résulter aucun inconvénient pour le service des voyageurs, s'il ne s'agit que de wagons de marchandises en provenance ou à destination des stations extrêmes, et si par conséquent le train n'a pas à faire de service de route. Quant au train, unique sur chaque section, qui doit faire chaque jour le détail des marchandises dans les stations intermédiaires, il n'est certainement pas sans inconvénient d'y admettre des voyageurs; mais il ne faut pas oublier que c'est en définitive le moyen le plus économique de mettre un train de plus par jour à la disposition du public.

Nous avons jusqu'à présent considéré la question qui nous est soumise uniquement au point de vue de la réduction des dépenses des trains. Dans un autre ordre d'idées on peut se proposer, non pas seulement d'augmenter le nombre des trains, mais d'en créer d'une nouvelle espèce, répondant à d'autres besoins que les trains ordinaires, plus souples en quelque sorte, et se prêtant ainsi à desservir certaines relations qui jusqu'à présent sont restées en de-

hors du rayon d'action du chemin de fer. C'est ainsi qu'on pourrait peut-être, dans la banlieue de certaines villes, organiser des trains de très petits parcours, véritables trains-tramways, pouvant s'arrêter à chaque passage à niveau, au point de croisement de chaque chemin, près de chaque groupe d'habitations, partout où il y aurait des voyageurs à laisser ou à prendre. On pourrait ainsi donner satisfaction à de nombreux besoins et attirer sur le chemin de fer des courants de circulation qui lui échappent actuellement. Des mouvements de voyageurs qui peuvent n'être pas sans importance s'effectuent actuellement par les routes parce que les trains ordinaires ne peuvent les desservir utilement, les stations étant trop espacées et les arrêts ne pouvant être assez fréquents pour les trains de long parcours sous peine d'augmenter outre mesure la durée du trajet. Pour rendre cette création possible il suffirait d'autoriser des arrêts facultatifs près des passages à niveau et même des passages par-dessus ou par-dessous, soit sur la demande des voyageurs à y laisser, soit sur la présentation d'un signal d'arrêt lorsqu'il y a des voyageurs à prendre. Bien entendu ces arrêts ne nécessiteraient aucune installation spéciale, sauf une simple banquette servant de trottoir sur l'accotement de la voie ; les trains, pendant leur stationnement, ne seraient pas couverts par des disques ; leur couverture serait assurée, soit par les gardes-lignes les plus voisins, suivant le système déjà autorisé pour le service des haltes du réseau de l'Ouest, soit même, sur les lignes à faible fréquentation, par les stations voisines. Dans ce dernier cas, la marche des trains-tramways doit être signalée de station en station par le telégraphe, et la section comprise entre deux stations reste bloquée, à l'arrière dans le cas d'une double voie, et à ses deux extrémités dans le cas d'une voie unique, tant que le train-tramway s'y trouve engagé. On ne devrait d'ailleurs admettre dans ces trains que des voyageurs sans bagages. Pour ceux à prendre et à laisser

en route, la *délivrance* et le contrôle des billets se feraient, soit par le chef de train, soit par les gardes de passages à niveau. Pour faciliter le service aux points d'arrêts intermédiaires, la composition de ces trains devrait être aussi réduite que possible, ce qui entraîne, outre la suppression du fourgon, l'affranchissement de l'obligation d'avoir des places des trois classes. Enfin, le service se faisant en navette, les trains devraient pouvoir être remorqués par les machines marchant tender en avant, de façon que les manœuvres à faire à la station extrême pour la mise en tête de la machine se réduisent à un simple aiguillage.

Dans l'état actuel de la réglementation, ces facilités peuvent être accordées par simple dérogation aux règlements généraux et, en ce qui concerne la suppression du fourgon, par application du décret du 20 mai 1880. La sous-commission est convaincue qu'en encourageant les administrations de chemins de fer à entrer dans cette voie, et en leur accordant à cet effet les autorisations nécessaires, l'administration supérieure pourrait provoquer l'organisation de services qui répondraient à des besoins réels et qui seraient très appréciés du public.

En résumé, et comme conclusion des considérations qui viennent d'être développées, la sous-commission est d'avis qu'il ne peut être qu'avantageux à tous égards d'imiter en France ce qui se fait déjà en Autriche, en accordant certaines facilités et simplifications de service pour les trains légers qui desservent les lignes secondaires ou qui peuvent être intercalés entre les trains ordinaires sur les lignes principales. On peut de cette manière diminuer les dépenses des trains dans la mesure que nous avons indiquée, faciliter ainsi dans certains cas l'augmentation de leur nombre, rendre possible enfin l'organisation de trains de petits parcours, à arrêts fréquents, qui seraient propres à bien desservir les relations locales principalement dans la

banlieue des grandes villes. Les trains qui doivent bénéficier de ces conditions spéciales ne peuvent d'ailleurs être définis, ni par la nature de leurs moteurs, ni même par la limitation de leur vitesse. Il y aurait en effet des inconvénients à fixer *a priori* cette limite de vitesse, principalement pour les lignes transversales aux deux extrémités desquelles les trains ont des correspondances à assurer ; il est préférable de se réserver la faculté de la déterminer dans chaque cas particulier, ainsi que le prévoit d'ailleurs l'article 3 du décret du 20 mai 1880.

Comme conséquence de cette impossibilité de définir exactement d'une manière générale les trains-tramways, la sous-commission ne pense pas qu'il soit possible de les soumettre à une réglementation uniforme. Les facilités qu'il s'agit d'accorder doivent faire l'objet dans chaque cas particulier d'une décision ministérielle spéciale prise à la demande des compagnies intéressées. Mais, dans la pensée de la sous-commission, l'administration supérieure prendrait dès à présent une initiative utile, en appelant l'attention de l'administration des chemins de fer de l'État et des compagnies sur cette question, et en leur faisant connaître qu'elle est disposée à leur accorder toutes les autorisations nécessaires. Ces autorisations devraient avoir pour objet :

1° D'étendre aux lignes sur lesquelles le nouveau service serait organisé le bénéfice des dispositions du décret du 20 mai 1880, relatives à la mise en circulation des voitures à vapeur, à la suppression du fourgon placé derrière la machine et à la réduction du personnel accompagnant les voyageurs, sous les conditions indiquées à l'article 2 dudit décret ;

2° De permettre l'arrêt facultatif des trains en certains points déterminés de la voie, sans installation spéciale, pour y prendre ou pour laisser des voyageurs sans bagages et sans chiens ;

3° D'alléger les trains et de simplifier leur service, en autorisant la suppression d'une des trois classes ; en affranchissant certains trains de l'obligation de transporter les articles de messagerie, les chevaux, les voitures et les cercueils; enfin, en limitant la composition du train à un nombre de voitures à déterminer dans chaque cas, mais toujours inférieur à la limite ordinaire de vingt-quatre voitures, l'administration supérieure se réservant d'ailleurs la faculté de prescrire la mise en marche de trains supplémentaires, les jours d'affluence exceptionnelle.

4° Enfin, d'autoriser la traction des trains par des machines circulant tender en avant.

Paris, le 27 décembre 1881.

*L'Ingénieur des Mines,*
*Rapporteur de la Sous-Commission,*
Signé : HEURTEAU.

*L'Inspecteur général des Mines,*
*Président de la Sous-Commission,*
Signé : TOURNAIRE.

---

AVIS DU COMITÉ DE L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES CHEMINS DE FER.

Après en avoir délibéré, le Comité approuve ce rapport et en adopte les conclusions.

En outre, le Comité émet l'avis qu'il y a lieu de communiquer ce rapport aux compagnies et aux administrations de chemins de fer (*), en y annexant les notes

---

(*) *Voir* la circulaire du 31 août 1882 (partie administrative, vol. de 1882, p. 309).

et dessins qui étaient joints à la dépêche ministérielle du 14 mai 1881.

Paris, le 14 février 1882.

*Le Président,*
Signé : G. DE NERVILLE.

*Le Secrétaire,*
Signé : E. COLLIGNON.

Approuvé :
Paris, le 6 mars 1882.
*Le Ministre des Travaux publics,*
Signé : H. VARROY.

---

# DOCUMENTS ANNEXES

---

## I

### Renseignements sur le mode d'organisation du service des trains et de la traction sur les chemins a faible trafic et sur les trains dits tramways;

Par M. KOPP, directeur général de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État.

---

### Première question. — *Extension donnée actuellement à l'emploi des trains-tramways en Autriche.*

Ces trains se caractérisent par une vitesse restreinte et par les simplifications dans les conditions d'exploitation spécifiées plus bas.

Ils sont appliqués dans deux cas bien distincts :

(a) Pour l'exploitation des chemins de fer à faible trafic (chemins secondaires ou vicinaux).

(b) Comme trains supplémentaires intercalés entre les trains ordinaires sur des sections de grandes lignes, et en particulier dans la banlieue des grandes villes.

(*Ad.* a) Les chemins à faible trafic, dits secondaires ou vicinaux, étaient exploités, jusqu'à ces derniers temps, à l'aide des trains mixtes servant à la fois au service des voyageurs et au transport des marchandises. La séparation de ces deux services était considérée comme trop coûteuse et le nombre des trains était réduit au minimum (généralement un train par jour dans chaque sens).

Mais avec un petit nombre de trains on ne pouvait pas satisfaire les besoins des populations, et ces trains étaient peu utilisés par les voyageurs pour les déplacements à faible distance. Il a donc fallu chercher un moyen de multiplier le nombre des trains sans augmenter considérablement la dépense. On y est arrivé généralement par un service de navette de trains-tramways, exigeant peu de personnel, et eu égard à la faible charge et à la faible vitesse, peu de matières de consommation pour la traction.

Ce système est appliqué d'une manière générale, par le chemin du Nord-Ouest autrichien et par l'État autrichien.

Le tableau suivant donne la nomenclature des lignes, leur longueur et le nombre des trains circulant chaque jour dans chaque sens :

| INDICATION du chemin. | LIGNE. | LONGUEUR. | NOMBRE de trains. |
|---|---|---|---|
| | | kilom. | |
| Nord - Ouest autrichien. | Jungbunzlau-Nünburg | 30,0 | 4 |
| | Zellerndorf-Sigmundshenberg-Horn. | 19,9 | |
| | Eisenbrod-Tannwald | 17,7 | 2 |
| | Pardubitz-Rossitz | 2,7 | 5 |
| Sud de l'Autriche. | Leoben-Vordernberg | 15,15 | 4 |
| État autrichien. | Leobersdorf-St Pölten | 81,0 | 3 |
| | Scheibmühl-Schrambach | 9,0 | 3 |
| | Lochlarn-Kienberg-Gaming | 38,0 | 3 |
| | Kriegsdorf-Romerstadt | 5,0 | 3 |
| | Ebersdorf-Wurbenthal | 22,0 | 3 |
| | Mürzzuschlag-Neuberg | 12,0 | 2 |

(*Ad.* **b**) Des considérations analogues à celles exposées (*ad.* **a**) ont fait reconnaître l'opportunité de multiplier le nombre des trains transportant des voyageurs sur certaines sections des grandes lignes. Les trains-poste et omnibus dont les heures de départ et d'arrivée sont fixées par des considérations souvent péremptoires, ne desservent pas toujours les stations intermédiaires dans des conditions qui répondent aux besoins de ces localités. Pour satisfaire à ces besoins il faut donc intercaler des trains locaux; les trains mixtes, fréquemment employés dans ce but, ont l'inconvénient de ne pas présenter les garanties de régularité exigées; en outre, leur utilisation pour le service des marchandises présente souvent des difficultés, parce que s'ils sont bien placés pour les exigences des voyageurs, ils ne jouissent pas toujours des correspondances qui assurent la circulation régulière des wagons chargés de marchandises. Il en résulte que ces trains circulent souvent avec une charge incomplète, et qu'ils rendent peu de services pour le transport des marchandises, tout en occasionnant un renchérissement des frais, par suite du service mixte.

Des conditions de ce genre ont amené diverses administrations de chemins de fer à séparer le service des marchandises de celui des voyageurs, et à desservir le

trafic de ces derniers par des trains-tramways, à circulations localisée, sur des sections de lignes déterminées.

Ces trains locaux desservent, en outre, des haltes distribuées dans l'intervalle des stations à proximité des centres d'habitation; ils y prennent et déposent des voyageurs sans qu'il y ait des installations spéciales faites dans ce but.

Les chemins qui ont introduit cette application des trains-tramways sont :

Le Nord-Ouest autrichien ;

Le Chemin de l'impératrice Elisabeth ;

La Société autrichienne des chemins de fer de l'État.

Le tableau suivant indique, pour chacun de ces chemins, les sections de ligne sur lesquelles circulent les trains-tramways, la longueur de ces sections et le nombre des trains intercalés dans chaque sens, entre les trains à long parcours.

| INDICATION des chemins de fer. | SECTIONS de lignes. | LONGUEUR. | NOMBRE de trains. |
|---|---|---|---|
| | | kilom. | |
| Nord-Ouest autrichien. | Trautenau-Freiheit | 10,0 | 5 |
| | Pelsdorf-Hohenelbe | 4,5 | 3 |
| | Wostromer-Jicin | 17,5 | 4 |
| Impératrice Élisabeth. | Salzburg-Wels | 100,5 | 2 |
| | Wels-Frankenmarkt | 55,9 | 1 |
| | Linz-Wels | 24,4 | 3 |
| | Amstetten-Wels | 88,4 | 1 |
| | Linz-S$^t$ Pölten | 127,9 | 1 |
| | S$^t$ Pölten-Wels | 152,3 | 1 |
| | Amstetten-S$^t$ Pölten | 63,9 | 1 |
| Société autrichienne des chemins de fer de l'État. | Vienne-Mistelbach | 56,0 | 2 |
| | Vienne-Bruck | 42,0 | 2 |
| | Prague-Rostok | 12,0 | 2 |
| | Buda Pesth-Gran | 78,0 | 1 |

On voit que le système des trains-tramways dont l'application sur toutes les lignes mentionnées est de date tout à fait récente tend néanmoins à se généraliser.

DEUXIÈME QUESTION. — *Avantages et inconvénients.*

Les avantages que l'on se promettait de l'introduction des trains-tramways sont ceux déjà signalés ci-dessus à savoir :

(a) Multiplicité des trains et par conséquent des occasions offertes pour le déplacement des populations ;

(b) Arrêts nombreux sans installation de stations à proximité des centres habités ;

(c) Exploitation économique (ainsi qu'il sera démontré plus bas). Vu la faible vitesse des trains et la modicité des frais de traction, la plupart des administrations offrent aux voyageurs des trains-tramways l'avantage des prix réduits.

Des inconvénients ne se sont pas produits jusqu'à ce jour.

TROISIÈME QUESTION. — *Dérogations aux règlements généraux.*

Le service par trains-tramways, qu'il se fasse sur les lignes secondaires ou sur les lignes principales, jouit de certaines facilités d'exploitation concédées, de cas en cas, par l'administration publique, mais qui n'ont pas été codifiées dans un règlement uniforme, applicable à tous les cas.

La condition à laquelle ces simplifications de services sont liées, est, que la vitesse de marche des trains ne dépasse pas une certaine limite qui, en général est fixée à 30 kilomètres par heure.

Les dérogations aux règlements généraux consenties dans la plupart des cas sont les suivantes :

(a) La locomotive peut marcher à rebours (tender en avant) ; mais elle doit se trouver en tête du train.

(b) Si le train ne se compose pas de plus de trois voitures, il n'est pas nécessaire d'intercaler un wagon de sûreté entre la machine et la 1re voiture.

(c) Dans ce même cas, le personnel de surveillance du train peut être réduit à un seul agent.

(d) Si la locomotive est construite de manière à communiquer par une plate-forme avec la 1re voiture, elle peut être desservie par un seul agent; dans ce cas le chef de train doit être apte à arrêter, en cas de besoin, le mécanisme de la machine, et un signal spécial sert à appeler le chef de train sur la locomotive.

(e) Le train peut s'arrêter à des points déterminés de la voie courante pour prendre et déposer des voyageurs.

(f) Le service de revision des billets peut se faire en marche par le chef de train.

(g) Les voyageurs des haltes ne peuvent prétendre à l'admission de bagages, autres que les colis à la main.

Sur les chemins secondaires où les passages à niveau sont fréquents, et où la surveillance de la voie est simplifiée, la vitesse des trains ne doit pas dépasser 21 à 24 kilomètres par heure, suivant les cas. Le service de nuit y est exclu. Sur ces chemins les simplifications suivantes sont tolérées dans les installations :

(a) Les aiguilles ne sont pas munies de signaux indiquant la voie ouverte à la circulation.

(b) Les stations ne sont pas couvertes par des disques de protection.

(c) Il n'y a point de transmission de signaux soit optiques, soit électriques le long de la voie.

(d) Le télégraphe électrique n'est installé que dans le cas où il y a des croisements de trains prévus.

(e) Les trains prenant des voyageurs n'ont pas plus de 60 essieux, le nombre de gardes-freins exigé est inférieur de 30 p. 100 environ à celui que les règlements généraux prescrivent pour les trains à marchandises.

---

Il nous reste à mentionner les résultats obtenus à la Société autrichienne par la mise en circulation des trains-tramways.

Le prix des billets des trains ordinaires à voyageurs ont été abaissés de 33 1/3 p. 100 pour les trains-tramways. Ces trains n'ont pas de voitures de 1re classe.

Les trains de banlieue du réseau complémentaire circulant entre Vienne et Mistelbach (56 kilomètres), à raison de deux trains dans chaque sens, pendant la saison d'été et de un train pendant l'hiver, ont parcouru du 1er juin au 31 décembre 1880, 38.920 kilomètres.

Ils ont été utilisés par 26.076 voyageurs, soit 34 voyageurs par train.

Les trains de banlieue entre Vienne et Bruck (42 kilomètres) ont circulé, pendant la période entière du 1er juin au 31 décembre 1880, à raison de deux dans chaque sens et ont parcouru 35.353 kilomètres et ont transporté 54.308 voyageurs, soit 63 voyageurs par train.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| La recette moyenne est de $0^{fl},53$ (*)........ par kilomètre de train. | | | | $1^{f},14$ |
| La dépense est estimée à $0^{fl},25$, soit........ par kilomètre de train et se décompose ainsi qu'il suit : | | | | 0 ,54 |
| Traction et entretien du matériel.. | $0^{fl},20$ | soit.. | | $0^{f},43$ |
| Service des trains et des gares... | 0 ,05 | soit.. | | 0 ,11 |
| Total....... | $0^{fl},25$ | soit.. | | $0^{f},54$ |

Vienne, avril 1881.

---

## II

## Note sur l'exploitation secondaire de certaines lignes de chemins de fer;

Par M. POLONCEAU, ingénieur en chef de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État.

---

En Allemagne et en Autriche-Hongrie le nombre des trains de voyageurs et mixtes est beaucoup moins considérable qu'en France, les trains de marchandises sont également moins nombreux (**). En général on voyage moins; cependant sous l'influence des affaires, le trafic en ce sens s'est développé, les besoins sont devenus plus considérables, et le public a réclamé des trains en plus grand nombre.

Une satisfaction partielle lui a été donnée par l'adjonction de quelques voitures à voyageurs à des trains de

(*) Le florin vaut au cours actuel $2^{f},15$.

(**) Les locomotives employées sont en général plus puissantes, ainsi à la Société autrichienne sur un parc de 586 locomotives, nous en avons 125 à huit roues accouplées et la charge moyenne de tous les trains voyageurs, mixtes et marchandises est de 300 tonnes.

marchandises sur une portion du trajet de ces trains ; cette solution qui présente bien des inconvénients, car l'augmentation de dépenses est peu en rapport avec la recette, n'a pas contenté le public parce que ces trains ne partaient ou n'arrivaient pas à des heures favorables pour les affaires ; de là est venu ce que l'on a appelé le train-tramway que l'on a intercalé entre les trains de voyageurs et de marchandises pour desservir les abords des villes plus ou moins importantes, là où un service ordinaire régulier de trains de voyageurs n'était pas justifié.

*Trains-tramways.* — Ces trains qui sont destinés à un service local et de banlieue sont composés d'un petit nombre de voitures, marchant à une vitesse modérée et s'arrêtent non seulement à toutes les stations de passage, mais aussi à des points intermédiaires, comme les maisons de garde se trouvant entre deux stations, afin d'amener le public des localités voisines.

La Société autrichienne n'a adopté aucun type spécial pour les trains-tramways qu'elle a mis en service sur certains points du réseau; nous faisons ce service avec notre matériel ordinaire à voyageurs, nous employons les voitures à voyageurs qui sont disponibles dans nos gares et de préférence celles des plus anciens types, particulièrement celles à huit roues à intercommunication qui n'ont qu'un emploi limité. Si le service se développait, nous construirions probablement des wagons, dont la moitié serait un fourgon et l'autre moitié serait composée d'un compartiment de Ire classe et d'un compartiment de IIe classe. Avec un wagon de ce type et une voiture de IIIe classe, nous aurions le nombre de places suffisant pour les trains-tramways.

La compagnie de Lyon a adopté vers 1868, pour son matériel d'Algérie, des fourgons à bagages, dont la moitié était disposée en deux compartiments à voyageurs.

Pour remorquer les trains-tramways nous employons soit la machine de manœuvre ou de réserve, soit une machine arrivant en gare; les frais de traction se réduisent sensiblement en se servant de locomotives ordinaires, et en combinant d'une façon convenable le roulement du service du personnel attaché à la fois aux deux genres de service. Nous n'allumons pas une machine spéciale, ce qui est économique, car, pour des trains d'un trajet aussi court, la dépense d'allumage et de mise en pression du moteur, serait trop considérable en proportion de la dépense totale de combustible. Une locomotive dans ces conditions dépense très peu de combustible, et l'usure avec une faible charge est tout à fait insignifiante.

L'emploi des locomotives ordinaires offre encore l'avantage qu'on peut les utiliser pour les secours à donner aux trains ordinaires et les faire participer au roulement de ces trains; elles peuvent de plus remorquer des trains plus lourds dans les cas imprévus, où l'affluence plus considérable des voyageurs obligerait à ne pas utiliser les petites locomotives et le matériel spécial.

La Société autrichienne emploie, pour un réseau de 2.020 kilomètres, 55 à 65 locomotives de manœuvres de gare en service le jour, et 30 à 35 la nuit; nous adopterons successivement, pour les manœuvres dans les gares à voyageurs, le type de nos machines pour chemins vicinaux et ces machines tenders feront le service des trains-tramways, soit avant de prendre le service des manœuvres, soit après. Dans ces conditions, nos fourgons à bagages étant avec plates-formes et intercommunications, ainsi que les voitures que nous employons ordinairement pour ce service, nous croyons qu'il sera possible de demander au gouvernement de supprimer le chauffeur, ce qui diminuerait les dépenses de personnel des trains-tramways de 20 à 30 p. 100. Avec le frein Le Chatelier, le machiniste suffit dans toutes les éventualités, du moment qu'il y a communica-

tion entre la machine et le personnel du train ; dans le seul cas à craindre où le machiniste tomberait de sa machine ou perdrait connaissance, le conducteur pourrait arrêter la locomotive.

*Matériel spécial.* — Pour les trains-tramways, quelques compagnies de chemins de fer ont cru nécessaire de créer un matériel spécial; nous ne le croyons pas avantageux. En général, un matériel spécial pour chaque cas particulier est une chose très coûteuse, et les essais faits dans ce sens ont toujours été funestes au point de vue financier ; de plus un matériel spécialisé doit se trouver inévitablement sans emploi lorsque les conditions pour lesquelles il a été créé viennent à changer.

Pour les trains-tramways, les ingénieurs inventeurs ont voulu faire adopter beaucoup d'inventions plus ou moins réelles; de tout cela rien ne nous paraît à adopter.

L'idée d'avoir, en un même véhicule, le moteur, le fourgon et les places pour les voyageurs, comme l'ont fait divers ingénieurs, est fausse; on a ainsi un mauvais moteur, un fourgon insuffisant et des places de voyageurs peu confortables.

Une locomotive a besoin de réparations journalières, d'entretien, visite des pièces, levage, lavage de la chaudière, etc. ; il n'en est pas de même d'un wagon et d'une voiture à voyageurs; une locomotive est deux fois plus souvent aux ateliers qu'un wagon ; les réunir ensemble, c'est immobiliser inutilement une partie de ce matériel.

Si l'on remise ce véhicule dans les dépôts de locomotives, après un court service les voitures seront intérieurement et extérieurement abîmées par la fumée et rapidement hors de service. Toutes les fois qu'il y aura une grande ou petite réparation au moteur, tout le véhicule sera inutilisé et vice versâ ; lors d'une grande réparation, il faudra réparer d'abord le moteur, puis ensuite envoyer le

véhicule dans l'atelier de réparation des wagons ou vice versâ.

Enfin c'est un matériel complètement inutilisable si le trafic se développe, ce qui arrivera certainement avec le temps.

Pour le matériel roulant, fourgons et voitures, tout ce qu'on préconise nous paraît peu pratique et sans aucun avantage économique, d'abord par les raisons que nous avons expliquées ci-dessous, et en outre parce qu'on a toujours dans les gares du matériel disponible comme réserve ou des voitures et wagons d'anciens types que l'on peut utiliser.

Les voitures à voyageurs à impériales, que l'on emploie en France avec avantage, ne peuvent être adoptées en Allemagne et en Autriche-Hongrie, par suite de la rigueur du climat; l'hiver avec neiges dure quelque fois six mois; ce matériel serait donc inutilisé pendant ce laps de temps.

Le wagon à deux étages (système Vidard et autres) sous des apparences avantageuses n'a pas donné de bons résultats en Autriche-Hongrie; la Sudbahn en a un seul, nous en avons également fait l'expérience ; les réclamations des voyageurs du premier étage sur lesquels crachent ceux du deuxième étage, l'impossibilité du chauffage du second étage ou tout au moins des difficultés coûteuses ainsi que pour l'éclairage, la difficulté pour l'entrée et la sortie des voyageurs (il n'y a nulle part de quai à la hauteur des tampons) rendent ces voitures d'un emploi difficile, sans compter que l'entretien et la réparation en sont chers. L'on ne peut espérer du public qu'il s'en accommode et qu'il se contente d'y être serré dans le seul but d'utiliser toute la place.

Nous croyons donc que c'est une erreur d'avoir construit des voitures à deux étages pour ces trains et que l'on reviendra à des idées plus simples et plus pratiques, d'autant plus qu'en dehors des motifs que nous venons d'exposer,

le public ne s'est pas encore suffisamment prononcé sur les trains-tramways et qu'il n'est pas certain qu'il s'accommodera longtemps de trains marchant à petite vitesse, caractéristique particulière des trains-tramways.

On a préconisé beaucoup ce genre de matériel pour diminuer le poids mort, ce qui est évidemment une bonne chose ; mais ce poids mort transporté inutilement, dont on s'inquiétait beaucoup autrefois où la puissance des locomotives était peu considérable, n'a plus la même importance aujourd'hui où les progrès faits dans la construction des locomotives permettent de remorquer des charges plus considérables à des prix très bas ; ainsi les dépenses du service du matériel et de la traction étaient à la Société autrichienne :

*1° Par kilomètre de train.*

| | |
|---|---|
| En 1857 | 1f,97 |
| En 1879 | 0 ,945 |

*2° Par 100 tonnes kilométriques brutes*

| | |
|---|---|
| En 1857 | 0f,85 |
| En 1879 | 0 ,33 |

En industrie nous croyons qu'il faut avant tout chercher la simplicité; par conséquent tout type de locomotive, voiture, wagon, qui n'est pas absolument nécessaire, c'est-à-dire demandé par les conditions d'exploitation ou par les exigences justifiées du public, doit être d'après nous rejeté impitoyablement.

En résumé, nous sommes convaincus que le public appréciera les trains-tramways et que le matériel spécial construit deviendra rapidement tout à fait insuffisant ; qu'en fera-t-on ? on aura dépensé un capital relativement considérable qui ne sera pas amorti. Le matériel roulant ira toujours en se perfectionnant et les types actuellement trouvés

bons deviendront successivement insuffisants ; il faut donc penser au renouvellement et n'employer les sommes que l'on peut prendre, soit sur le capital, soit sur les bénéfices d'exploitation, que pour construire des locomotives d'après les derniers types et des wagons et voitures avec tous les perfectionnements et conforts désirables ; — si l'on agit autrement, on se trouvera à un moment donné avec un matériel créé pour des besoins provisoires, qui ne sera plus en rapport avec les nécessités d'exploitation et qu'il faudra renouveler par grandes quantités à la fois.

### DISPOSITIONS SPÉCIALES EN VIGUEUR A LA SOCIÉTÉ AUTRICHIENNE POUR LE SERVICE DES TRAINS-TRAMWAYS.

Ces dispositions se rapportent à la vitesse de marche, à la composition et à l'établissement du nombre de personnes de service de ces trains, au nombre de freins entrant dans leur composition, à l'arrêt à certains points de la voie courante et enfin à la manière de couvrir ces trains en cas d'arrêt régulier ou exceptionnel.

*Vitesse de marche.* — La vitesse de marche est limitée à 30 kilomètres à l'heure, vitesse qui ne peut être dépassée en aucun cas, même en cas de retard.

*Composition des trains.* — Pour la composition des trains il est de règle que la machine se trouve toujours tournée en avant à la tête du train ; mais si les circonstances l'exigent, le train peut être remorqué tender en avant.

Si un train-tramway est composé seulement de trois voitures à voyageurs à quatre roues, ou deux voitures à voyageurs à huit roues, il n'est pas nécessaire de placer un fourgon entre la locomotive et les voitures à voyageurs.

S'il est nécessaire d'avoir un fourgon à bagages, ce four-

gon peut être mis à la queue du train, si le nombre de voitures ne dépasse pas le chiffre indiqué ci-dessus. Mais dans ce cas, le fourgon doit être tourné avec le plateau du garde-frein vers le train.

*Freins.* — Le nombre des freins devant entrer dans la composition des trains-tramways est le même que pour les trains de marchandises réguliers, c'est-à-dire il devra y avoir aux trains-tramways, en plus du frein du tender, un nombre de freins servis et pouvant bien fonctionner, correspondant à la charge brute dans la proportion déterminée pour les trains de marchandises.

*Personnel des trains.* — En plus du machiniste et du chauffeur, le nombre de personnes devant accompagner un train omnibus est déterminé par le nombre de freins devant entrer dans sa composition. Dans ces limites il peut être restreint à un seul conducteur.

Ce conducteur fonctionne alors comme chef de train, doit être posté dans le wagon se trouvant en queue, et, pour qu'il puisse se mettre en rapport avec le machiniste, la corde-signal venant de la machine doit rejoindre son poste.

*Arrêts en certains points de la voie courante.* — En dehors des stations proprement dites, les trains-tramways peuvent aussi s'arrêter à certains points de la voie courante, dits points d'arrêts, lorsque des voyageurs se présentent pour monter dans le train ou que des voyageurs veulent en descendre.

Lorsque des voyageurs veulent descendre aux points d'arrêts, le chef de train en prévient le machiniste à l'arrêt précédent; si au contraire des voyageurs veulent prendre le train, le garde-voie du point d'arrêt donne le signal d'arrêt.

C'est le chef de train qui est chargé de délivrer les billets aux personnes qui montent dans le train aux points d'arrêts.

*Manière de couvrir le train en cas d'arrêt prévu ou imprévu.* — Lorsqu'un train-tramway est obligé de stationner à un point d'arrêt, c'est le garde-voie que vient de dépasser ce train qui est chargé de le couvrir.

Si, par exception, un train-tramway s'arrête d'une façon imprévue à un autre point de la voie courante, le train doit être couvert conformément aux prescriptions générales, à l'arrière par le chef de train ou par le garde-frein posté sur le dernier wagon, et à l'avant (sur la voie unique) par le chauffeur de la machine.

Le machiniste doit en s'arrêtant appeler immédiatement l'attention des gardes-voie pour couvrir le train en donnant le signal d'*appel au personnel* (plusieurs coups de sifflet prolongés en changeant de ton) et surveiller le train pendant l'absence du chef de train, si ce dernier doit descendre pour couvrir le train à l'arrière.

Les agents chargés de couvrir le train ne doivent retourner à leur poste que lorsque les gardes-voie ont repris le signal.

A ces dispositions spéciales pour la circulation des trains-tramways sur nos lignes nous n'avons plus qu'une observation à ajouter; c'est que, comme il s'agit de la circulation de ces trains sur des lignes principales, les dispositions générales pour le service du mouvement sur ces lignes restent en vigueur.

Le service des trains-tramways sur les lignes des autres compagnies autrichiennes se fait à quelques variantes près, qui sont sans importance, d'après les mêmes principes qu'à la Société autrichienne; seulement quelques-unes d'entre elles, telles que l'Elisabeth Westbahn (Ouest), la Nordwestbahn (Nord-Ouest) et la Sudbahn emploient des loco-

motives spécialement construites pour ce genre de service dont nous donnons plus loin le croquis.

***Points entre lesquels existent des trains-tramways en Autriche-Hongrie.*** — Les trains-tramways circulent en Autriche-Hongrie à notre connaissance sur les sections suivantes :

1° *Société autrichienne I. R. p. des chemins de fer de l'État.*

| | | |
|---|---|---|
| Vienne à Mistelbach. . . . . . . . . . . | 56 | kilom. |
| — à Bruck. . . . . . . . . . . . . | 42 | — |
| Prague-Rostock (en été). . . . . . . . . | 12 | — |

Au 1er mai des trains-tramways circuleront entre :

| | | |
|---|---|---|
| Brünn-Grussbach . . . . . . . . . . . . | 63 | kilom. |
| Buda Pesth-Gran . . . . . . . . . . . . | 78 | — |

2° *Société I. R. p. des chemins du Midi.*

| | | |
|---|---|---|
| Mürzuschlag-Pragerhof . . . . . . . | 179 | kilom. |
| Pottendorf-Granat-Neusiedt. . . . . . | 19 | — |

3° *Chemin de fer du Nord-Ouest.*

| | | |
|---|---|---|
| Vienne-Stockerau . . . . . . . . . . . | 26 | kilom. |
| Wessek-Trautenau. . . . . . . . . . . | 133 | — |
| Nimburg-Jungbunzlau . . . . . . . . . | 31 | — |

4° *Chemin de fer de l'Ouest.*

| | | |
|---|---|---|
| St Pölten-Wels. . . . . . . . . . . . . | 152 | kilom. |
| Wels-Salzbourg . . . . . . . . . . . . | 100 | — |

5° *Chemin de fer d'État d'Istrie.*

| | | |
|---|---|---|
| Confanaro-Rovigno . . . . . . . . . . . | 21 | kilom. |

6° *Chemin de fer Leoben-Vordernberg.*

| | | |
|---|---|---|
| Leoben-Vordernberg . . . . . . . . . . | 16 | kilom. |

7° *Chemin de fer de l'État de la basse Autriche.*

| | | |
|---|---|---|
| Leobersdorf-Kamnberg. . . . . . . . . | 32 | kilom. |

On voit, d'après ce relevé, que dans beaucoup de compagnies les trains-tramways ne sont pas restés dans les limites primitives, et que diverses compagnie sont profité des facilités d'exploitation accordées par le gouvernement pour le service de ces trains, pour doter de trains de voyageurs des sections qui, avec les règlements ordinaires, ne pouvaient en avoir un aussi grand nombre par suite des dépenses occasionnées par l'application stricte des règlements; avec le temps, naturellement, presque tous les trains deviendront des trains ordinaires de voyageurs.

### TRAINS-TRAMWAYS EN PRUSSE.

Le gouvernement prussien a consenti à ce genre de service sous les conditions suivantes :

1° Les trains se composent uniquement de voitures de IIIe classe.

2° Le service de la poste n'emportera que des lettres.

3° On ne transportera pas de bagages.

4° Il ne sera pas nécessaire de mettre un fourgon entre la locomotive et les voitures à voyageurs, tant que la vitesse maxima ne dépassera pas 30 kilomètres à l'heure.

5° Il devra y avoir un machiniste et un chauffeur sur la locomotive.

6° Les billets seront délivrés aux voyageurs par le conducteur du train.

*Chemins de fer ayant des trains-tramways.* — Actuellement, il existe des trains-tramways sur les lignes suivantes :

Chemin de fer de Berlin à Gorlitz,
— de Niederschlesich-Markische,
— de Berlin-Hambourg.

*Chemin de fer de Berlin-Gorlitz.* — Les trains-tramways

circulent entre Berlin et Grünau; la distance entre ces deux stations est de 14 kilomètres; cette portion de ligne est à double voie, presque sans courbes (le plus petit rayon est 1.800 mètres) et presque horizontale, avec une seule rampe courte de 1.400.

Entre Berlin et Grünau se trouvent les stations de Kanne, Joannesthal, Adlershof, dans lesquelles les trains-tramways ne s'arrêtent qu'en cas de besoin comme en Autriche.

*Matériel roulant.* — Pour le service des trains-tramways, on a adopté des locomotives construites dans l'origine par la fabrique Krauss et Cie de Munich pour les tramways; ces locomotives s'appellent Grünau et Adlershof.

Ces locomotives sont à deux essieux, la pression est de douze atmosphères, à l'origine les deux essieux étaient accouplés, actuellement on a supprimé l'accouplement, un frein à la main est appliqué sur la paire de roues motrices.

Toute la disposition de ces locomotives (qui sont de la force de 25 chevaux) est très commode et pratique, les machinistes s'en servent volontiers.

Le combustible employé est du coke de gaz, la quantité nécessaire pour un voyage aller et retour est un hectolitre.

Le chauffage n'exige en temps ordinaire aucun travail pendant le trajet; en cas de pluie, vent ou neige, il faut encore ajouter quelques pelletées de coke.

La machine froide peut être mise en pression en une demi-heure.

Les caisses à eau placées sous la chaudière contiennent $1^{m},325$ dans la machine *Grünau* et $1^{m},3$ dans la machine *Adlershof*, la consommation d'eau pour un voyage aller et retour est de $0^{m},375$.

Les poids de ces machines sont :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Grünau vide. . . | 7.080 kilog. | en service. . . | | 8.635 |
| Adlershof — . . . | 7.140 — | — | . . . | 8.945 |

Ces locomotives remorquent sans difficulté cinq voitures chargées d'un poids total de 57.000 kilog. à la vitesse de 30 kilomètres à l'heure.

Une de ces locomotives est continuellement en service, elle est lavée après quatre semaines de service, à moins qu'une réparation ne nécessite plus tôt son remplacement, l'autre prend alors le service.

Par suite du peu de hauteur du cendrier et de tout le mécanisme au-dessus du rail, ces machines ne peuvent être maintenues en service en cas de neige (*).

La compagnie de Berlin-Gorlitz se déclare très satisfaite de l'emploi de ces locomotives tant au point de vue de leur travail que de leur entretien.

Pour les voyageurs, on a adopté une voiture à deux étages, système Krauss montée sur quatorze essieux et ne contenant que des places de III$^{e}$ classe. Le constructeur prétend que cette voiture peut contenir 150 voyageurs, mais le personnel de la compagnie assure que l'on ne peut en mettre que 110 à 120 au maximum.

Malgré sa construction légère, cette voiture pesant 10.290 kilog. dépasse de 1.100 kilog. le poids d'une voiture de III$^{e}$ classe de Berlin à Gorlitz, aussi n'emploie-t-on à ce service que des voitures de ce dernier type tant que le nombre ne dépasse pas la capacité d'une voiture ordinaire de III$^{e}$ classe, ce qui est le cas pendant toute la période d'hiver (*). En été au contraire, surtout les dimanches et

(*) Pendant les temps de neige les locomotives spéciales sont inutilisées.

(*) On voit par ce qui précède que pendant tout l'hiver la voiture spéciale est inutilisée et que l'on a trouvé plus avantageux d'employer les voitures ordinaires.

jours de fêtes, on ajoute à la voiture spéciale des voitures de III[e] classe suivant les besoins.

Le train-tramway le plus chargé qui a circulé était composé de la voiture spéciale et de quatre voitures de III[e] classe; il contenait 286 personnes.

*Service des trains-tramways.* — La voiture spéciale aussi bien que les voitures de III[e] classe sont accouplées immédiatement à la locomotive sans wagon de sûreté.

Les trains-tramways sont desservis par

1 machiniste,
1 chauffeur,
1 conducteur.

Ce dernier, responsable du mouvement du train, est placé sur la plate-forme de la première voiture et s'entend verbalement ou par des signaux avec le machiniste sur les arrêts et la mise en train.

La vitesse maxima admise est 30 kilomètres à l'heure.

Ces trains sont soumis du reste à toutes les prescriptions en vigueur pour le mouvement des trains ordinaires.

Le mouvement journalier de ces trains est de six en été et de trois en hiver, les horaires sont combinés en tenant compte spécialement de la fréquentation des écoles et des besoins des commerçants.

Pendant la période d'hiver 1879-80 on avait mis en circulation un quatrième train en chaque sens; on a dû le supprimer.

Le dernier train qui arrive à Grünau y passe la nuit et circule le lendemain comme premier train de Grünau à Berlin, de manière que tous les trains indiqués sur l'itinéraire peuvent être desservis par la même machine.

Chaque samedi, la locomotive rentre haut le pied, sans voitures, à Berlin pour y être examinée, nettoyée et lavée

pendant la nuit, et le dimanche matin elle se rend haut le pied à Grünau pour remorquer le premier train.

En hiver, une partie du personnel de train est en service pendant une semaine entière, il passe la nuit à Grünau, retourne le samedi la machine seule à Berlin et est relevé le dimanche par une autre équipe.

En été, au contraire, chaque équipe est relevée après un service de deux jours, ensuite elle a un jour de repos.

*Prix des transports.* — Les prix de transports pour les trains ordinaires sont :

| | | |
|---|---|---|
| De Berlin à Kanne | ? | |
| — à Johannesthal | 30 | Pfenn. |
| — à Adlersdorf | 50 | — |
| — à Grünau | 60 | — |

Ce qui correspond à un prix moyen de 4 à 5 pfennings par kilomètre.

Pour les trains-tramways le simple billet coûte sans différence entre les stations 50 pfennings, un billet aller et retour 70 pfennings ; les enfants et les militaires paient pour un simple billet 25 pfennings. — Enfin on vend des billets d'abonnement valables pour 1, 2, 3 et 6 mois avec des réductions de prix de 50 à 70 p. 100.

La taxe moyenne prélevée par personne, pendant l'année 1879-80, a été de 40,82 pfenn.

*Résultats d'exploitation, travail du matériel roulant.* — Pendant la période du 13 octobre 1879 au 14 octobre 1880, le travail du matériel roulant a été :

| DURÉE de l'exploitation. | NOMBRE de jours d'exploitation. | NOMBRE des trains. | PARCOURS des trains. |
|---|---|---|---|
| Du 15 au 31 octobre 1879. . . . | 17 | 136 | |
| En novembre. . . . — . . . . | 30 | 240 | |
| — décembre. . . . — . . . . | 31 | 248 | |
| — janvier. . . . . 1880. . . . | 31 | 248 | |
| — février. . . . . — . . . . | 29 | 232 | |
| — mars. . . . . . . — . . . . | 31 | 248 | |
| — avril. . . . . . . — . . . . | 30 | 230 | |
| Du 1er au 14 mai . . — . . . . | 14 | 106 | |
| Total (période d'hiver). | 213 | 1.688 | 23.632 |

| DURÉE de l'exploitation. | NOMBRE de jours d'exploitation. | NOMBRE des trains. | PARCOURS des trains. |
|---|---|---|---|
| Du 15 au 31 mai . . 1880. . . . | 17 | 84 | |
| En juin . . . . . . . — . . . . | 30 | 344 | |
| — juillet . . . . . . — . . . . | 31 | 358 | |
| — août. . . . . . . — . . . . | 31 | 352 | |
| — septembre. . . . — . . . . | 30 | 352 | |
| Du 1er au 14 octobre — . . . . | 14 | 168 | |
| Total pour la période d'été. . | 153 | 1.758 | 24.612 |
| Total (exercice 1879-80). . . . | 366 | 3.446 | 48.244 |

Sur ces 3.446 trains, 57 seulement ont été remorqués par des locomotives ordinaires avec un parcours de 798 kilomètres, savoir : 30 trains à cause des grandes neiges et 27 parce que la revision de l'une des machines est tombée dans la période de réparation de l'autre ; *on voit donc que les deux petites locomotives n'ont pas toujours suffi au service.*

Le nombre des essieux de voitures par train a été :

Pendant l'hiver de 1879-80, de . . . . . . . 2,00
Pendant l'été 1880, de . . . . . . . . . . . 4,33
En moyenne. . . . . . . . . . . . . . . . . 3,19

Par conséquent, en moyenne, on a mis en circulation en

hiver une voiture ordinaire à deux essieux, et en été un peu plus que la voiture spéciale.

Le nombre des voyageurs a été :

| | EN TOTALITÉ. | PAR TRAIN. |
|---|---|---|
| Du 15-31 octobre 1879 | 1.737 | 12,77 |
| En novembre — | 2.698 | 11,24 |
| — décembre — | 2.541 | 10,25 |
| — janvier 1880 | 2.641 | 10,65 |
| — février — | 2.966 | 12,73 |
| — mars — | 3.667 | 14,79 |
| — avril — | 4.566 | 19,85 |
| Du 1er au 14 mai — | 2.700 | 25,47 |
| Total (période d'hiver) | 23.516 | 13,93 |
| Du 15 au 31 mai 1880 | 7.056 | 38,35 |
| En juin — | 11.390 | 33,11 |
| — juillet — | 16.387 | 45,11 |
| — août — | 15.306 | 43,48 |
| — septembre — | 12.056 | 34,25 |
| Du 1er-14 octobre — | 3.128 | 18,62 |
| Total (période d'été) | 65.323 | 37,16 |
| Total de l'année | 88.839 | 25,78 |

*Frais de traction.* — Les dépenses pour les 48.244 kilomètres de trains-tramways ont été :

| | QUANTITÉS. | ARGENT MARK. |
|---|---|---|
| a. — MATÉRIAUX CONSOMMÉS. | | |
| Bois de chauffage | 39m³,40 | 188m ,82 |
| Coke | 129.059k ,00 | 3.296 ,70 |
| Eau | 1.559m³,00 | 233 ,35 |
| Huile de graissage | 660k ,00 | 357 ,50 |
| — d'éclairage | 372 ,00 | 216 ,76 |
| Pétrole | 217 ,00 | 49 ,58 |
| Matières de nettoyage | 92 ,00 | 37 ,96 |
| Mèches de lampes | 36m ,00 | 2 ,07 |
| Cylindres de lampes | 109 pièces | 5 ,22 |
| Ensemble | ........... | 4.387m ,66 |
| b. — FRAIS DE RÉPARATION. | | |
| Locomotives | ........... | 1.525 ,49 |
| Voitures | ........... | 538 ,00 |
| Total | | 6.451m ,15 |

Soit par kilomètre de trains une dépense de 13,372 pfenn.

*Dépenses de personnel du train.* — Les appointements du personnel sont par an :

| | |
|---|---|
| Machiniste | 2.227 mark |
| Chauffeur | 1.643 — |
| Conducteur | 1.015 — |
| Total par équipe de train | 4.885 mark |

Soit par jour 13,35 marck.

Les frais de découcher du personnel sont par nuit :

| | |
|---|---|
| Machiniste | 1,5 mark |
| Chauffeur | 1,0 — |
| Conducteur | 1,5 — |

La prime de parcours pour l'équipe du train est de 2.442 pfennings par kilomètre de train.

*Intérêts et amortissement du matériel roulant.* — Les intérêts sont comptés à 5 p. 100 et l'amortissement à 3 p. 100, ensemble 8 p. 100.

| | |
|---|---|
| Les deux machines ayant coûté | 24.000 mark |
| Ces intérêts sont | 1.920 mark |
| L'intérêt et l'amortissement de la voiture spéciale d'une valeur de 9.000 mark s'élèvent à | 630 mark |
| Total annuel | 2.550 mark |

Soit par jour, 6,967 marck.

*Total des frais de traction et d'entretien du matériel.*

| | PÉRIODE D'HIVER. — 1879-1880 | PÉRIODE D'ÉTÉ. — 1880 |
|---|---|---|
| Matières et réparation du matériel. . . | 3,161,00 mark | 3.291,12 mark |
| DÉPENSES DE PERSONNEL. | | |
| 1 1/9 équipe de train pendant 213 jours. | 3.158,39 — | |
| 2 équipes de train pendant 153 jours. | ............ | 4.085,10 — |
| Frais de découcher. . . . . . . . . . . . | ............ | 612,00 — |
| Prime de parcours 2.442 pfennings par kilomètre. . . . . . . . . . . . . . . . | 577,09 — | 601,00 — |
| Intérêts et amortissement du matériel, à 6m,967 par jour . . . . . . . . . . . | 1.483,97 — | 1.065,95 — |
| Ensemble. . . . . . . | 8.379,45 mark | 9.656,21 mark |
| Dépenses de graissage et de chauffage des locomotives à 12,2 pfennings par kilomètre. . . . . . . . . . . . . . . . | 51.24 — | 46,12 — |
| | 8.439,69 — | 9.702,21 mark |
| | 18.132.80 mark (*) | |

(*) Nous donnons les chiffres tels que la compagnie de Berlin-Gorlitz nous les a donnés, mais nous sommes un peu incrédules; lorsqu'une grande compagnie patronne une nouvelle chose, tout le personnel a une tendance à ne pas faire supporter à cette nouvelle création des dépenses qui lui incombent de fait; nous ne trouvons rien dans ces comptes, pour les garnitures, pour l'entretien de l'outillage des agrès, pour le personnel malade qu'il faut remplacer, etc.

Les frais de traction par kilomètre de train sont donc :

| | |
|---|---|
| En hiver . . . . . . . . . . . . . . . . | 35,68 pfenn. |
| En été. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 59,42 — |
| Soit en moyenne. . . . | 37,59 pfenn. |

Les recettes sont :

| | |
|---|---|
| En hiver . . . . . . . . . . . . . . . . | 10.670 mark |
| En été. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 25.605 — |
| Ensemble. . . . . . . . | 36.275 mark |

Déduction faites des dépenses énumérées ci-dessus, le revenu net se trouve être :

| | |
|---|---|
| En hiver . . . . . . . . . . . . . . . | 2.239 mark |
| En été . . . . . . . . . . . . . . . . | 15.903 — |
| Ensemble. . . . . . . . | 18.142 mark |

Par suite de ces résultats favorables d'exploitation, le chemin de fer de Berlin à Gorlitz a l'intention d'introduire un service de trains-tramways sur la ligne de Gorlitz-Zittau.

Les résultats que nous donnons ci-dessus sont ceux qui nous sont fournis par la compagnie de Berlin-Gorlitz, mais il est facile de se rendre compte que tout n'est pas compris dans ces dépenses, l'entretien et les réparations des locomotives et wagons autres que ceux du type Krauss ne sont pas compris, les dépenses de surveillance et de contrôle de ce service, les frais généraux, etc.

Il est utile de remarquer que M. Krauss, directeur d'une Société de construction, à pris à son compte l'entreprise des trains-tramways de Berlin-Gorlitz et l'administration de ce chemin, sur base d'un traité, la direction de cette exploitation restant à la compagnie de Berlin-Gorlitz.

M. Krauss a donc tout intérêt à faire paraître très minimes les dépenses d'exploitation pour vendre des locomotives et wagons de son système; les constructeurs ont intérêt à placer leurs produits; il n'en est pas de même pour les compagnies qui trouvent dans les trains-tramways une occasion d'utiliser leur matériel ancien ou normal, au lieu de faire des dépenses pour un matériel spécial.

L'intérêt des constructeurs est constamment en opposition avec celui des compagnies; le constructeur cherche des changements qui amènent de nouvelles constructions; les compagnies, elles, cherchent à conserver et à faire durer, le plus longtemps possible, leur matériel en le modifiant plus ou moins.

*Chemin de fer de la Basse-Silésie aux Marches.* — Un service de trains-tramways a été organisé sur le chemin de fer de ceinture de Berlin, de la gare de Dresde par Charlottenbourg, Westend, jusqu'à la gare de Lehrte (longueur 19 kilomètres) et sur la section de Berlin-Zossen de la ligne de Berlin-Dresde (longueur 32 kilomètres).

La première de ces lignes comprend six stations intermédiaires, et la seconde quatre dans lesquelles tous les trains s'arrêtent.

Le trafic n'a un peu d'importance que les dimanches et jours de fêtes, tout en restant néanmoins assez faible ; la contrée traversée par le chemin de ceinture contient peu de maisons ; néanmoins, le service des trains-tramways introduit seulement en juillet 1879 a déjà eu une bonne influence sur le trafic.

Le terrain est moins favorable que celui de la ligne de Berlin-Gorlitz, un quart du chemin contient des courbes d'un rayon de 1.000 à 250 mètres, le profil est peu avantageux surtout dans la direction de la gare de Dresde à Lehrte où existe une rampe de 1,67.

*Matériel roulant.* — Le service se fait sur ces lignes au moyen de 14 voitures à vapeur dites Weissenbornsche-Dampfwagen. Deux de ces véhicules ont été livrés par l'ingénieur Weissenborn, deux autres ont été construits dans la fabrique de Schwartzkopf, à Berlin.

Ces derniers ont été modifiés en partie :

1° Aux deux premières voitures l'entrée se trouvait entre les IIes et les IIIes classes ; actuellement l'entrée a lieu par une plate-forme à l'arrière de la voiture.

2° Les deux premières voitures étaient montées sur deux trucks, ces trucks ont été remplacés par des essieux placés à petite distance.

3° Dans les deux premières voitures lorsqu'on enlevait

la machine, la caisse de la voiture était soutenue par une crémaillère que l'on maniait à la main ; actuellement on a appliqué aux châssis deux supports pourvus de petits trous qui viennent s'appuyer sur les rails, lorsque l'on sépare la caisse de la voiture proprement dite de celle de la machine.

Ces quatre voitures dès leur mise en service se sont montrées peu propres au travail demandé ; les chaudières sont trop petites, les constructions sont vicieuses en plusieurs points, les réparations ont été nombreuses, le fonctionnement présente des difficultés et même du danger, les machinistes ne font le service avec ces machines qu'avec la plus grande répugnance.

Les compartiments pour les voyageurs sont très confortables ; ils sont éclairés au gaz et chauffés à la vapeur.

Le poids total du wagon vide, y compris la machine vide, est de 18.800 kilog. en service chargé de 45 voyageurs, un machiniste, un chauffeur, 500 kilog. de bagages, 100 kilog. de coke et 900 kilog. d'eau, le poids est de 25.500 kilog.

Jusqu'à présent aucun de ces véhicules n'a fait le service pendant huit jours de suite, à cause des réparations fréquentes devenues nécessaires.

La machine est chauffée avec du coke de gaz ; en service régulier elle fait cinq trajets aller et retour de la gare de Dresde à Lehrte, un trajet à la gare de Zossen et retour et un trajet à vide de la gare de Dresde à Francfort (sur Oder) (32 kilomètres).

Ce parcours de 286 kilomètres occasionne une dépense de 750 à 800 kilog. de coke, soit 2,5 à 2,8 kilog. par kilomètre de train, la consommation est d'environ $0^{mc},018$ par kilomètre de train.

*Service des trains.* — Le train ne se compose que du wagon à vapeur ; il est accompagné par un machiniste et un

chauffeur (sans conducteur) ; la responsabilité pour le service du train incombe au machiniste, tandis que le chauffeur est chargé du contrôle des billets.

La vitesse maxima est de 30 kilomètres.

Toutes les prescriptions concernant le mouvement et les signaux pour les trains ordinaires sont valables pour les trains-tramways.

Le wagon à vapeur doit être tourné après chaque voyage afin que la machine soit toujours en avant, la compagnie est en négociation avec le gouvernement pour obtenir que ce wagon puisse circuler machine en arrière.

Si les wagons à vapeur sont en réparation, on fait le service des trains-tramways avec une locomotive ordinaire, un wagon de sûreté et deux voitures, l'une de Ire classe, l'autre de IIIe classe ; dans ce cas, le train est accompagné d'un conducteur en plus du chauffeur et du machiniste.

Les prix des billets pour ces trains sont les mêmes que pour les trains ordinaires.

Les billets sont délivrés à la caisse des stations.

Nous n'avons pu obtenir aucun renseignement sur les dépenses, par suite du service très irrégulier de ces trains.

L'administration de ce chemin de fer et spécialement M. l'inspecteur de l'exploitation Schulze, dans le service duquel se trouvent les trains-tramways, est l'adversaire en principe des trains-tramways lorsqu'ils doivent être exploités par un matériel spécial.

*Chemin de fer de Berlin-Hambourg.* — Cette compagnie a installé des trains-tramways sur la ligne de Berlin-Spandau (12 kilomètres) et Hambourg-Friedrichsruh.

Sur cette dernière ligne le service se fait au moyen de locomotives et wagons ordinaires.

La ligne de Berlin-Spandau est presque horizontale.

Le matériel pour l'exploitation de cette ligne se compose de deux locomotives et douze voitures à voyageurs.

La locomotive est du type Hohenzollern : nous en donnons plus loin le croquis.

Le poids de la machine à vide est de 18.400 kilog. ; en service ce poids est de 24.300 kilog.

La consommation de coke de gaz est de 3 kilog. par kilomètre, la consommation d'eau pour un voyage aller et retour est de $1^{m^3}$,44.

Le prix d'une locomotive est 13.125 mark.

Le lavage a lieu tous les huit jours.

Ces locomotives font un bon service et sont très stables.

Les voitures employées sont :

5 voitures de II/III<sup></sup>e classe,
5 — de IIIe —
2 — de IIIe — avec un compartiment pour les bagages.

Ces voitures sont construites légèrement, semblables aux voitures ordinaires, c'est-à-dire montées sur deux essieux et à intercommunication, l'intérieur des IIIe classes est peint en blanc, les IIe classes sont tapissées, les sièges sont cannés.

Le chauffage se fait au moyen de briquettes, ces voitures sont munies du frein Smith-Hardy. — Le poids varie entre 8.450 et 8.500 pour un chargement de 5.000 kilog.

Le prix est :

| | |
|---|---|
| II/IIIe classe | 8.320 mark |
| IIIe — | 7.730 — |
| IIIe — avec compartiment pour les bagages | 7.669 — |

*Service des trains.* — La voiture de IIIe classe avec compartiment pour les bagages est placée derrière la locomotive, et si cela est nécessaire on y ajoute d'autres voitures.

Par suite de la communication qui existe entre la ma-

chine et les wagons qui sont à intercommunication, le train n'est accompagné que par un machiniste et un chauffeur; ce dernier est chargé du contrôle des billets.

La vitesse maxima est 30 kilomètres.

La machine n'est pas tournée après chaque voyage, mais elle se place toujours à la tête du train.

Les prix des billets sont les mêmes que pour les trains ordinaires.

Ce service ne fonctionnant que depuis six mois, nous n'avons pu obtenir de renseignements sur les dépenses et les recettes.

## AVENIR DES TRAINS-TRAMWAYS.

Le système des trains-tramways, tel qu'il existe aujourd'hui, doit être considéré comme n'étant encore qu'au début de sa carrière.

Nous croyons que le développement ne pourra se faire rationnellement que lorsqu'on renoncera à l'idée de créer un matériel spécial pour ce genre de service, idée qui n'a rien de commun avec le caractère spécial des trains-tramways.

Sur les lignes principales, ce service spécial devra toujours, croyons-nous, être restreint à de courtes distances, dans la banlieue des grandes villes, et il ne faudra pas chercher à allonger les trajets pour ne pas donner lieu aux plaintes, sans cela inévitables, sur la lenteur de ces trains.

Nous trouvons dans le *Journal de l'union des chemins de fer allemands*, n° 16 de 1881, les observations suivantes:

« Au commencement, le public était très satisfait des trains-tramways que le chemin de fer de Berlin-Hambourg avait mis en circulation entre Berlin et Spandau; il avait d'abord salué avec joie cette augmentation de correspondance avec d'autres trains, mais peu à peu les plaintes arrivèrent, on se plaignit de la trop grande lenteur de

marche, du manque de chauffage des voitures en hiver et du manque de compartiments spéciaux pour les dames et pour les fumeurs. »

La question fut discutée et la discussion amena à ceci :

« Qu'il faudrait que l'autorité chargée de la surveillance permît d'élever jusqu'à 40 kilomètres la vitesse des trains-tramways, et l'on répondit à cela qu'à la longue le public ne se contenterait plus de cette augmentation de vitesse et qu'il finirait par vouloir voyager par ces trains-tramways aussi vite que par les autres trains ; qu'il est nécessaire d'amener le public à comprendre que le service des trains-tramways est un service exceptionnel, qu'il n'est possible de laisser subsister que sous condition d'être fait avec beaucoup plus de simplicité que le service des grands trains et que la première condition de cette simplicité consiste dans la réduction de vitesse qu'il faut maintenir pour conserver leur caractère spécial aux trains-tramways.

### AVANTAGES DE CE SYSTÈME.

Les avantages qui résultent de ce genre de service consistent dans la possibilité de suffire aux besoins du grand nombre de voyageurs circulant dans le voisinage des grandes villes, à meilleur marché que cela n'a eu lieu jusqu'à présent au moyen des trains locaux équipés et mis en circulation dans toutes les formes prescrites par le règlement général pour l'exploitation des lignes de chemin de fer.

Les trains-tramways déchargent les grands trains et les déchargeront d'autant plus que le public rapproché des grands centres trouvera l'occasion de circuler à bon marché.

La composition des grands trains de transit sera simplifiée, parce qu'on n'aura pas besoin d'y mettre des voitures pour le service local ; enfin les trains-tramways contribue-

ront à donner plus d'activité au service local par les facilités accordées au public de monter ou descendre aux points d'arrêt établis entre les stations.

Il n'y aura jamais d'inconvénients à avoir des trains-tramways si on n'adopte pas un matériel spécial. Il faut les considérer comme un essai et les supprimer là où l'on voit que les avantages espérés ne se réalisent pas.

### DÉROGATIONS AUX RÈGLEMENTS ACCORDÉES PAR L'ÉTAT.

Les dérogations aux divers règlements d'exploitation accordées dans les divers pays par l'État sont à peu près les mêmes que celles indiquées pour les trains-tramways à la Société autrichienne.

Elles établissent que l'on ne pourra pas dépasser la vitesse de 30 kilomètres à l'heure et consistent dans la tolérance accordée dans la composition des trains, pour le nombre de personnes les accompagnant, dans la faculté de pouvoir arrêter en certains points de la voie courante, et dans la manière de couvrir ces trains en pareille circonstance.

### EXEMPLES D'ORGANISATION DU SERVICE DES TRAINS-TRAMWAYS.

#### A. — Trains-tramways sur la ligne de Berlin à Gorlitz.

**Berlin — Grünau et retour.**

| STATIONS. | MATIN. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | STATIONS. | MATIN. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Berlin. . *Dép.* | 10 55 | 4 45 | 9 40 | Grünau. *Dép.* | 9 30 | 1 20 | 5 55 |
| Kanne. . . . . | 11 10 | 5 0 | 9 55 | Adlershof. . . | 9 39 | 1 29 | 6 4 |
| Johannisthal . | 11 14 | 5 4 | 9 59 | Johannisthal . | 9 48 | 1 38 | 6 13 |
| Adlershof. . . | 11 23 | 5 13 | 10 8 | Kanne. . . . . | 9 52 | 1 42 | 6 17 |
| Grünau. *Arr.* | 11 33 | 5 23 | 10 18 | Berlin. . *Arr.* | 10 6 | 1 56 | 6 31 |

## B. — Trains-tramways sur le chemin de fer de la Basse-Silésie aux Marches.

### 1. Dresde (gare) — Charlottenburg-Westend — Lehrte (gare) et retour.

| TATIONS. | MATIN. | MATIN. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | STATIONS. | MATIN. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| esde are). Dép. | 8 10 | 10 50 | 2 18 | 4 28 | 7 53 | Lehrte (gare). Dép. | 9 20 | 1 10 | 3 25 | 5 37 | 9 20 |
| honberg. | 8 19 | 10 58 | 2 26 | 4 36 | 8 1 | Moabit. | 9 28 | 1 18 | 3 33 | 5 45 | 9 28 |
| ilmersdorf. | 8 22 | 11 1 | 2 28 | 4 38 | 8 3 | Charlottenbourg-Westend | 9 39 | 1 29 | 3 44 | 5 56 | 9 39 |
| rünewald. | 8 32 | 11 11 | 2 38 | 4 48 | 8 13 | Grünewald. | 9 46 | 1 36 | 3 51 | 6 3 | 9 46 |
| harlottenbourg-Westend | 8 41 | 11 20 | 2 47 | 4 57 | 8 22 | Wilmersdorf. | 9 56 | 1 46 | 4 1 | 6 13 | 9 56 |
| oabit. | 8 52 | 11 31 | 2 59 | 5 8 | 8 33 | Schonberg. | 9 59 | 1 49 | 4 4 | 6 16 | 9 59 |
| ehrte are). Arr. | 8 59 | 11 38 | 3 6 | 5 15 | 8 40 | Dresde (gare). Arr. | 10 7 | 1 57 | 4 12 | 6 24 | 10 8 |

### 2. Berlin — Zossen et retour.

| STATIONS. | APRÈS-MIDI. | STATIONS. | MATIN. |
|---|---|---|---|
| Berlin (gare de Dresde). Départ. | 11 0 | Zossen. Départ. | 6 36 |
| Südende. | 11 12 | Rangsdorf. | 6 56 |
| Marienfelde. | 11 22 | Mahlow. | 7 14 |
| Mahlow. | 11 40 | Marienfelde. | 7 32 |
| Rangsdorf. | 11 58 | Südende. | 7 42 |
| Zossen. Arrivée. | 12 17 | Berlin (gare de Dresde). Arrivée. | 7 55 |

## C. — Trains-tramways sur le chemin de Berlin à Hambourg.

### Berlin — Spandau et retour.

| STATIONS. | MATIN. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | STATIONS. | MATIN. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. | APRÈS-MIDI. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Berlin. Dép. | 11 0 | 5 0 | 7 5 | 11 30 | Spandau. Dép. | 8 10 | 1 0 | 5 45 | 9 0 |
| Spandau. Arr. | 11 28 | 5 28 | 7 33 | 11 58 | Berlin. Arr. | 8 40 | 1 30 | 6 15 | 9 30 |

## EXPLOITATION SECONDAIRE.

Par exploitation secondaire, il faut distinguer entre l'exploitation secondaire introduite dans le service de certaines grandes lignes et l'exploitation de chemins de fer construits et installés dès l'origine comme lignes secondaires proprement dites.

a. *Exploitation secondaire de lignes principales.* — Nous comprenons sous ce titre certaines lignes principales ou leurs embranchements, qui dans l'origine ont été construites et installées comme lignes de grand trafic, mais où l'on a vu, avec le temps et les circonstances, que le rendement était trop faible pour qu'elles puissent supporter les frais d'un service d'exploitation normale.

Comme il n'y avait rien à changer au capital dépensé, on a cherché à réduire autant que possible les dépenses d'exploitation en organisant un service plus en rapport avec le trafic, service qui a été appelé : *Exploitation secondaire.*

Un pareil genre d'exploitation jouit des mêmes allègements que ceux accordés pour l'exploitation des lignes secondaires proprement dites dont nous parlerons plus loin.

Quelques compagnies autrichiennes ont introduit cette exploitation sur certaines sections de leur réseau.

*1° Chemin de fer de la Buschtiehrad.*

Falkenau-Graslitz,
Prague (Smichow)-Hostiwitz,
Duby-Kladno,
Luzna-Lischau-Rakowitz,
Krimanendorf-Weipert.

*2° Chemin du Nord-Ouest.*

Zillandorf-Sigmundsherberg,
Pelsdorf-Hohenelbe,

Trautenau-Freiheit,
Wostromir-Zicin.

*3° Chemin de fer de l'Ouest.*

Lambach-Gmünden.

**b.** *Chemins de fer secondaires proprement dits.* — Nous avons à la Société autrichienne 300 kilomètres de chemins de fer vicinaux (*) ; ces chemins ont été construits dans le but d'amener au tronçon principal de notre réseau, qui traverse la monarchie austro-hongroise du sud-est au nord-ouest, les transports qui n'y arrivaient pas et ne pouvaient pas y arriver par suite de routes peu praticables surtout dans la mauvaise saison.

Ils remplissent le rôle que joue en France les correspondances subventionnées par les compagnies de chemins de fer.

Ces chemins ont été construits très économiquement, le prix de revient varie entre 50 et 60.000 francs le kilomètre, non compris le matériel roulant.

Nous sommes fort satisfaits des résultats de ces chemins, les dépenses d'exploitation en sont extrêmement minimes et elles apportent au réseau principal un trafic qui nous échapperait.

Nous sommes en pourparlers avec le gouvernement austro-hongrois pour obtenir les concessions d'environ 300 kilomètres de nouvelles lignes secondaires.

Les conditions techniques d'exploitation sont les suivantes :

La vitesse modérée à laquelle marchent les trains est le signe caractéristique de l'exploitation des chemins secondaires et cette condition permet d'apporter toutes sortes de

---

(*) C'est la Société autrichienne qui en 1870 sur la proposition de M. E. Kopp, directeur de l'exploitation, a construit la première des chemins de fer vicinaux en Hongrie.

simplifications, non seulement dans le service du mouvement, mais aussi dans les diverses installations des bâtiments et de la voie; nous citerons ainsi : la suppression presque complète des maisons de garde, des barrières aux passages à niveau, des clôtures le long de la voie, des disques à l'entrée des stations, et enfin, comme il n'y a pas de service de nuit sur les lignes secondaires, on peut supprimer également les lanternes d'aiguilles.

Les limites de la vitesse de marche, sont fixées de cas en cas lors de la rédaction de l'acte de concession.

Cette vitesse est variable pour les différentes li nes secondaires; elle est fixée au maximum à 24 ki. mètres à l'heure en Autriche. Sur les lignes secondaires que nous possédons en Hongrie, la vitesse maxima est fixée à 25 kilomètres.

La vitesse moyenne des trains de marchandises ordinaires est de 15 kilomètres; celle des trains de marchandises mixtes est de 19 kilomètres à l'heure.

Le nombre des essieux d'un train est limité à 100 pour les trains de marchandises et à 60 pour les trains de marchandises mixtes.

*Matériel roulant.* — Sauf les locomotives qui sont de construction spéciale conforme à l'établissement de la superstructure qui est plus légère, nous n'avons pas de matériel spécial et encore, pour les locomotives, avons-nous pris notre type de machines de manœuvre de gare; nous avons simplement diminué le chaudière, le foyer et les cylindres; le mécanisme et les roues sont restés les mêmes, afin de faciliter les réparations et de diminuer les approvisionnements des pièces de rechange.

L'entretien de ces machines est très minime, mais comme nous ne tenons pas de comptabilité par locomotive, nous appliquons à ce réseau la moyenne des dépenses d'entretien du matériel roulant de tous nos réseaux, cette moyenne

est évidemment trop élevée pour le matériel roulant des chemins de fer secondaires.

Le tableau ci-dessous donne le détail des dépenses par service en moyenne pour les années 1877-1878-1879.

| | DÉPENSES | |
|---|---|---|
| | par kilomètre de train. | par 100 tonnes kilométriques brutes. |
| | francs | francs |
| Service du mouvement et de l'exploitation commerciale | 1,0450 | 0,69597 |
| Entretien de la voie et des bâtiments | 1,3397 | 0,89209 |
| Service de la traction | 0,4341 | 0,28912 |
| Entretien du matériel | 0,4228 | 0,28163 |
| Totaux | 3,2416 | 2,15881 |

D'après ce tableau on voit que les dépenses de la traction sont en moyenne par 100 tonnes kilométriques brutes de 0f,301 ; nous ne croyons pas qu'avec n'importe quel type on puisse arriver à des prix notablement inférieurs, et c'est ce qui nous fait dire que ces locomotives peuvent être utilisées plus avantageusement que n'importe quelles locomotives pour les trains-tramways, car cette dépense de la traction de 0f,28 pour transporter une tonne brute à 100 kilomètres est très peu considérable (*), surtout si l'on considère que ce qui peut être réduit c'est la dépense de combustible et d'huile, or, cette dépense est en moyenne au-dessous de la moitié de la dépense de la traction, soit environ 0f,13 par une tonne brute à 100 kilomètres. Pour un train-tramway composé de deux ou trois voitures, cette dépense tombera à environ 0f,08. Pour chercher à réduire une pareille dépense nous ne croyons pas qu'il vaille la peine de créer un matériel spécial; l'économie réalisée, si économie il y a, ne serait nullement en rapport avec le ca-

(*) En 1880 cette dépense n'est que de 0f,25.

pital dépensé et les inconvénients d'un type spécial de locomotives.

Nous avons sur nos lignes secondaires des fourgons que nous avons divisés en deux, la première partie sert au conducteur chef de train et aux bagages, la seconde partie sert au service de la poste, ce sont des types ordinaires de notre parc qui ont été simplement modifiées pour ce service.

Nous joignons à cette note une série de dessins de machines et voitures spéciales plus ou moins préconisées dans ces dernières années, chaque planche est accompagnée d'une légende explicative.

Avril, 1881.

---

III

## Notes sur le matériel roulant employé pour le service des lignes secondaires en Autriche-Hongrie et en Allemagne.

---

**1. — Locomotives-tenders pour le service des lignes secondaires de la Société Autrichienne I. R. p. des chemins de fer de l'Etat.**

La Société Autrichienne I. R. p. des chemins de fer de l'Etat emploie pour le service de ses lignes secondaires des locomotives-tenders à six roues accouplées du type représenté par le dessin *fig.* 1, Pl. XIV.

Ces locomotives sont à cylindres et à distribution extérieurs, par conséquent d'un accès facile pour le graissage et l'entretien du mécanisme.

La machine, prête en service, est pourvue de 3$^{mc}$,6 d'eau qui

sont logés dans un réservoir situé au-dessous de la chaudière entre les longerons, d'une capacité de 3 mètres cubes, et dans deux petites caisses à eau, situées à droite et à gauche de la chaudière, avec une capacité totale de $0^{mc},6$. Les soutes à charbon pouvant contenir 700 kilog. se trouvent à côté du foyer.

Par suite de la position basse du centre de gravité de la machine, motivée par la situation du réservoir d'eau inférieur, la machine est très stable à n'importe quelle vitesse, malgré son petit entr'axe de $2^{m},60$.

La machine est pourvue de l'appareil à contre-vapeur Le Châtelier et d'un frein à main.

Les dimensions, proportions et poids de ces machines sont données sur le tableau suivant (p. 540).

| DÉSIGNATION. | | AU MOMENT de la livraison. |
|---|---|---|
| **Grille.** | | |
| Longueur | | 920 |
| Largeur | | 1.008 |
| Surface | | $0^{m2},927$ |
| **Foyer.** | | |
| Longueur | en haut | 888 |
| | en bas | 1.020 |
| Largeur | en haut | 994 |
| | en bas | 1.108 |
| Hauteur | | 1.206 |
| Épaisseur | de la plaque tubulaire | 23 et 13 |
| | des parois et du ciel | 20 et 13 |
| Hauteur de la rangée inférieure des tubes au-dessus de l'arête inférieure du foyer | | 635 |
| **Chaudière.** | | |
| Longueur de la chaudière | | 3.388 |
| Diamètre intérieur | | 1.048 |
| Épaisseur des tôles | | 11 et 10 |
| Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus des rails | | 1.780 |
| Nombre de tubes | | 97 |
| Diamètre extérieur des tubes | | 52 et 45 |
| Longueur entre les plaques tubulaires | | 3.320 |
| Avec 105 millim. d'eau au-dessus du ciel du foyer. | Hauteur de vapeur dans la partie cylindrique de la chaudière | 233 |
| | Volume de vapeur | $0^{m3},69$ |
| | Volume d'eau | 2 ,24 |
| Pression effective | | 10 atm. |
| Nombre de soupapes de sûreté | | 2 |
| Diamètre des soupapes de sûreté | | 57 |
| **Surface de chauffe.** | | |
| Surface | du foyer | $4^{m2},5$ |
| | des tubes | 51 ,6 |
| | Total | $56^{m2},1$ |
| **Appareils d'alimentation.** | | |
| Des injecteurs des deux côtés | | n°s { 7 / 5 |
| **Cheminée.** | | |
| Diamètre intérieur | | 300 |
| **Échappement à clapets.** | | |
| Section | maxima | $70^{cm2}$ |
| | minima | 16 |
| **Châssis.** | | |
| De milieu en milieu | des longerons | 1.222 |
| | des coussinets | 1.185 |
| Épaisseur des longerons | | 22 |

| DÉSIGNATION. | | AU MOMENT de la livraison. |
|---|---|---|
| **Roues.** | | |
| Diamètre | des roues motrices et d'accouplement | 1.2[illegible] |
| | des corps de roues | 1.[illegible] |
| Poids | des roues motrices | 1.775 [illegible] |
| | d'une paire de roues d'accouplement | 1.512 [illegible] |
| **Essieux.** | | |
| Diamètre | de l'essieu moteur et des essieux d'accouplement au milieu | 13[illegible] |
| | des fusées de l'essieu moteur et des essieux d'accouplement | [illegible] |
| Longueur | des fusées de l'essieu moteur et des essieux d'accouplement | 1[illegible]0 |
| **Ressorts de suspension.** | | |
| Distance entre les points de suspension : | | |
| Ressort | de l'essieu accouplé d'avant | 7[illegible] |
| | commun pour deux et trois essieux | 1.200 |
| Nombre de lames. Ressort. | de l'essieu accouplé d'avant | 11 |
| | commun pour deux et trois essieux | 19 |
| Largeur des lames | | 90 |
| Épaisseur des lames. Ressort. | de l'essieu accouplé d'avant | 10 |
| | commun pour deux et trois essieux | 13 |
| **Mécanisme.** | | |
| Diamètre des cylindres | | 30[illegible] |
| Course de piston | | 460 |
| Distance d'axe en axe des cylindres | | 2.000 |
| Inclinaison des cylindres | | $28^{mm}$ [illegible] par m[illegible] |
| Longueur des bielles motrices | | 2.5[illegible] |
| Course des excentriques | | 12[illegible] |
| Longueur | des barres d'excentriques | 1.753 |
| | de la coulisse | [illegible] |
| Angle d'avance. Marche. | en avant | 30 degrés |
| | en arrière | 30 — |
| Recouvrement. | extérieur | [illegible] |
| | intérieur | 5 |
| Canaux | d'admission | 200 x [illegible] |
| | d'émission | 200 x [illegible] |
| Epaisseur entre les lumières | | 25 |
| Section d'admission du régulateur | | $39^{cm2}$ |
| Diamètre intérieur des tuyaux. | d'admission | 86 |
| | d'émission | 95 |
| Capacité | d'eau du tender | $3^{m3},6$ |
| | de charbon du tender | 0 ,8 |

**2. — Fourgons à bagages avec compartiment pour le service de poste, sur les chemins secondaires de la Société Autrichienne I. R. p. des chemins de fer de l'Etat.**

La Société Autrichienne I. R. p. des chemins de fer de l'Etat emploie pour le service des chemins secondaires des fourgons à bagages à quatre roues, adaptés en même temps pour le service de la poste (Pl. XIV, *fig.* 2 et 3).

L'intérieur du fourgon est divisé en deux compartiments égaux, dont l'un pour le service du chef de train et l'autre pour le service du conducteur des postes.

Au milieu des parois latérales sont installées des deux côtés des portes roulantes par lesquelles les compartiments en question sont accessibles du dehors.

Les fourgons avec freins (*fig.* 3) sont pourvus d'une plateforme servant de poste pour le garde-frein ainsi que d'une porte à battants conduisant au compartiment du chef de train. La caisse est à parois à doubles alèses. Chacun des compartiments est garni d'une table, d'une chaise, de casiers pour les actes, paquets, etc.

Dans le compartiment du conducteur de la poste est en outre installé un poêle régulateur en fonte à chargement périodique, avec ventilateur et rayonnement partiel de la chaleur.

La longueur intérieure des caisses de ces fourgons est de 6$^m$,30 à 6$^m$,34 et la largeur de 2$^m$,56. L'écartement des essieux est de 3$^m$,48. Le poids mort du fourgon sans frein est de 6.000 kilog., et celui du fourgon avec frein de 7.200 kilog. La charge maximum de chacun de ces deux fourgons est de 6.000 kilog.

**3. — Locomotive pour exploitation secondaire de lignes à fortes rampes (type de la Südbahn).**

La Südbahn emploie ces locomotives pour les trains secondaires de certaines sections à fortes rampes de son réseau.

Ces locomotives ont été livrées par les ateliers de construction de Florisdorf (*Wiener Locomotiv Actien Gesellschaft*). La paire de roues motrices et la paire de roues accouplées sont placées sous la chaudière, la troisième paire de roues est libre et se trouve placée sous le compartiment à bagages (Pl. XV, *fig.* 1 à 3).

Le train secondaire se compose habituellement de trois wagons à quatre roues (Pl. XV, *fig.* 4 et 5), type des voitures américaines;

le nombre de places du train se compose de 16 places Ire classe, 32 places IIe classe et 76 places IIIe classe, en tout 124 places.

Si l'affluence du public est plus considérable, on peut ajouter une quatrième voiture, la puissance de traction de la locomotive ayant été calculée de manière à pouvoir y suffire.

La locomotive et toutes les voitures sont pourvues du frein vacuum (Smith-Hardy). Deux voitures ont des cylindres de frein, une voiture n'a que les conduites.

*Dimensions principales de la locomotive.*

| | |
|---|---|
| Diamètre du cylindre | 250mm,00 |
| Course du piston | 400 ,00 |
| Diamètre des roues | 950 ,00 |
| Surface de chauffe | 34m2 ,16 |
| Pression | 12atm,00 |
| Approvisionnement d'eau | 2m3 ,70 |
| — de charbon | 900kg ,00 |
| Poids de la locomotive vide | 17ton ,80 |
| — en service avec bagages dans le compartiment *ad hoc* | 22 ,40 |

**4. — Locomotive pour exploitation secondaire, adoptée par la compagnie du Nord-Ouest d'Autriche (Nordwestbahn).**

Le Nordwestbahn emploie ces locomotives pour le service secondaire sur certaines sections de la ligne principale aussi bien que sur divers embranchements, elles ont été livrées par la Wiener Locomotiv Actien Gesellschaft à Florisdorf (Pl. XV, *fig.* 8 à 10).

Le moteur consiste en une locomotive à un essieu, réunie à un fourgon n'ayant également qu'un essieu, le tout formant un véhicule à quatre roues. On a fait cette construction parce que même les machines-tenders à quatre roues auraient été trop fortes comme adhérence et pour les besoins du service, car il suffit de 10 à 11 tonnes par essieu.

*Dimensions principales.*

| | |
|---|---|
| Diamètre du cylindre | 225mm ,00 |
| Course du piston | 370 ,00 |
| Diamètre de la roue motrice | 950 00 |
| Surface de chauffe | 35m2 ,00 |
| Pression | 12atm,00 |
| Approvisionnement d'eau | 1m3 ,50 |
| — de charbon | 600kg ,00 |
| Poids de la machine en service | 18ton ,00 |

### 5. — Locomotive et voiture à deux étages pour trains-tramways (système Krauss).

Ces locomotives ainsi que les voitures attenantes sont construites dans les ateliers de Krauss à Munich : elles sont en usage :

1° Au chemin de Berlin-Gorlitz pour le service local des voyageurs de Berlin à Grunau, intercalé dans l'horaire des grands trains; la locomotive est à quatre roues accouplées de la force de 25 chevaux, la voiture est à huit roues et d'après le conducteur peut contenir 150 voyageurs de IIIe classe (Pl. XVI, *fig.* 1 à 5).

2° En Autriche, au chemin de fer de la Basse-Autriche appartenant à l'État ; la locomotive employée a 60 chevaux de force et dessert le chemin vicinal de Leobersdorf-Guttenstein. Elle suffit aux besoins du service des voyageurs et des marchandises. Pour les voyageurs il y a une voiture pouvant admettre 120 personnes et ayant un espace réservé aux bagages. Le reste du matériel est composé de wagons à marchandises.

La machine est plus forte qu'à l'ordinaire parce qu'il y a des rampes de 20 millimètres par mètre.

Les voitures à étages sont disposées selon les besoins.

Celle de Berlin-Grünau ne contient que des places de voyageurs de IIIe classe.

Celle du chemin de la Basse-Autriche contient un coupé de IIe classe, un coupé de IIIe classe et un coupé à bagages.

Ces voitures sont construites entièrement en fer.

Les dimensions principales de la machine sont :

| | |
|---|---|
| Diamètre du cylindre | 170mm,00 |
| Course du piston | 300 ,00 |
| Diamètre des roues | 630 ,00 |
| Surface de chauffe | 13m2 ,02 |
| Pression | 12atm ,00 |
| Approvisionnement d'eau | 1m3 ,00 |
| — de charbon | 430kg ,00 |
| Poids de la locomotive | 7tonn ,40 |

### 6. — Voiture à vapeur de Weissenborn pour le service des trains-tramways [système Rowan (type ancien)].

Cette voiture qui a été construite d'après les données de l'ingénieur Weissenborn a été destinée au service des trains-tramways sur le chemin de fer de ceinture de Berlin et a été mise en service

entre les deux gares du chemin de fer de Berlin-Dresde et de Magdebourg-Halbstadt (voir Pl. XIV, *fig.* 4).

La locomotive et la voiture forment un seul véhicule composé d'une seule caisse portée par deux trucks chacun à deux essieux.

Le truck d'avant est relié avec la machine et la chaudière qui sont portées par lui, on peut le séparer facilement du reste de la voiture.

Le moteur consiste en une machine horizontale de 24 chevaux.

La caisse est divisée en cinq compartiments par des parois transversales pourvues de portes roulantes d'intercommunication. Le premier compartiment est pour la machine et la chaudière, le deuxième sert aux bagages, le troisième contient 30 sièges pour le public de IIIe classe, le quatrième sert d'entrée dans la voiture, et le cinquième sert de IIe classe et contient 15 places.

*Dimensions principales.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Diamètre du cylindre | | | | 160mm,00 |
| Course du piston | | | | 260,00 |
| Surface de chauffe | | | | 9m2,00 |
| Pression | | | | 12atm,00 |
| Approvisionnement d'eau | | | | 0,87 |
| Poids à vide | truck d'avant | 10ton,80 | Ensemble | 18ton,75 |
| | — d'arrière | 7,95 | | |

Poids en service avec eau et coke, 46 voyageurs, 490 kilog. de bagages, 1 machiniste, 1 chauffeur, 1 conducteur.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Truck d'avant | 13ton,1 | Total | 23ton,5 |
| — d'arrière | 10,4 | | |

### 7. — Voiture à vapeur de Weissenborn, nouveau type, pour les trains-tramways.

Ce type Weissenborn (Pl. XV, *fig.* 6 et 7) est conforme aux dernières constructions de ce genre dans lesquelles on a tenu compte des modifications ou des améliorations qu'on a trouvées nécessaires aux anciennes voitures de cette espèce.

Les voitures à vapeur sont maintenant construites de façon que la machine peut en être séparée, être mise à toute autre voiture du même type, peut se mouvoir en avant ou en arrière et au besoin s'accrocher aux wagons ordinaires, le tout sans avoir besoin d'y mettre un essieu supplémentaire. En un mot, elle peut fonctionner comme machine isolée sans opération accessoire.

### 8. — Locomotive de tramways [système Brown (type A)].

Cette locomotive a été construite d'après les indications de M. Charles Brown, directeur de la fabrique de locomotives de Winterthür (Suisse).

C'est une machine-tender à quatre roues accouplées, les cylindres sont placés au-dessus des roues et le bouton de la manivelle de la roue motrice n'est pas saisi directement par la bielle, il y a un balancier servant d'intermédiaire. Quant à la distribution, il n'y a pas d'excentriques, c'est un système de leviers se rattachant à un point de la bielle motrice (Pl. XIV, *fig.* 5).

*Dimensions principales.*

| | |
|---|---|
| Diamètre cylindre | 160mm,60 |
| Course du piston | 300 ,00 |
| Diamètre des roues | 600 ,00 |
| Surface de chauffe | 9m²,19 |
| Pression | 15atm,00 |
| Poids de la machine à vide | 6ton,36 |
| — en service | 6 ,50 |

### 9. — Locomotive de tramway [système Brown (type B)].

Cette locomotive (Pl. XVI, *fig.* 6 à 9) est construite par J. W. Hawthorn, à Newcastle-on-Tyne.

Elle ressemble au type A dont elle ne diffère que par les dimensions et quelques détails.

Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est un condenseur (dit à superficie d'air) placé sur le toit, la vapeur d'échappement est dirigée à volonté dans un certain nombre de tubulures dans lesquelles elle se condense sans faire de bruit.

Comme cette locomotive circule dans des rues, ce condenseur est installé dans le but de supprimer le bruit de la vapeur d'échappement.

*Dimensions principales.*

| | |
|---|---|
| Diamètre du cylindre | 140mm,00 |
| Course du piston | 300 ,00 |
| Diamètre des roues | 597 ,00 |
| Poids | 5ton,84 |

## 10. — Locomotive pour service secondaire et trains-tramways (système Hohenzollern).

Cette locomotive est une machine-tender à quatre roues (brevetée), elle a été construite aux ateliers de construction de Dusseldorf appelés Hohenzollern et elle est construite pour pouvoir marcher à des vitesses plus grandes que celle de 30 kilomètres à l'heure.

Les cylindres sont placés entre les deux essieux accouplés. On a donné l'entr'axe des essieux le plus grand possible pour donner plus d'empatement à la machine et pour éviter le porte à faux.

Le frein est du système Smith-Hardy.

Les locomotives de ce type sont construites, selon les besoins, pour la voie étroite ou pour la voie normale, avec un poids en service de 7 jusqu'à 20 tonnes.

Actuellement on en a en service au chemin de Berlin-Hambourg, au chemin de Holstein aux Marches, au chemin de la Haute-Silésie et à celui de la Basse-Silésie aux Marches.

La locomotive représentée par le dessin (Pl. XVII, *fig.* 1 à 4) pèse 10 tonnes en état de service.

Les dimensions principales sont :

| | |
|---|---|
| Diamètre du cylindre | 220mm,00 |
| Course du piston | 320 ,00 |
| Diamètre des roues | 1m ,03 |
| Surface de chauffe | 15m² ,00 |
| Approvisionnement d'eau | 1m³ ,40 |
| — de charbon | 430kg ,00 |

## 11. — Wagon à vapeur pour le service des trains-tramways (système Thomas).

Le wagon à vapeur représenté par les *fig.* 5 à 8, Pl. XVII, est destiné au service des chemins de fer secondaires ou au service des trains-tramways.

Il repose sur trois essieux ; dans la partie d'avant, c'est-à-dire sur l'essieu d'avant, se trouvent la chaudière, placée en travers, et la machine avec ses agrès ; les deux autres essieux portent la voiture à deux étages installée pour 80 à 100 personnes avec l'espace pour les bagages.

Machine et voiture sont séparables, de façon qu'en cas de réparation d'une de ces parties on puisse se servir de l'autre.

Le châssis de la machine est disposé de façon que lorsqu'on le

sépare de la voiture l'on peut y mettre une seconde paire de roues assez légères ; cela forme alors un véhicule à part, pourvu d'un frein à contre-vapeur. Dans ces conditions la voiture est également un véhicule isolé pourvu d'un frein et pouvant être mis à n'importe quel train.

Lorsqu'ils sont séparés l'un de l'autre la machine et la voiture sont pourvues d'une deuxième traverse avec tampons et crochet de traction.

*Dimensions principales de la machine et de la voiture.*

| | |
|---|---|
| Diamètre des cylindres . . . . . . . . . . . . . . . | 220mm ,00 |
| Course du piston. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 360 ,00 |
| Diamètre de la roue motrice . . . . . . . . . . . | 1m ,086 |
| Surface de chauffe. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 24m2 ,00 |
| Pression. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10atm ,00 |
| Approvisionnement d'eau. . . . . . . . . . . . . | 2m3 ,40 |
| — de charbon. . . . . . . . . . . | 500kg ,00 |

**Charge des essieux en service :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Essieu moteur . . . . . | 12ton ,00 | Poids total. . | 30ton ,00 |
| 1er essieu de la voiture. | 9 ,00 | | |
| 2e — — . . | 9 ,00 | | |

# NOTICE BIOGRAPHIQUE

SUR

# M. ERNEST MARIÉ

INGÉNIEUR EN CHEF DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION DE LA COMPAGNIE P.-L.-M.,
ANCIEN ÉLÈVE EXTERNE DE L'ÉCOLE DES MINES

Par M. DELERUE, ingénieur en chef des ponts et chaussées
en retraite.

---

L'année qui va finir a enlevé à l'affection de sa famille et de ses amis un homme honorable et distingué, M. Ernest Marié, ingénieur en chef du matériel et de la traction aux chemins de fer de Paris à Lyon et la Méditerranée. C'était un homme énergique, peut-être un peu autoritaire, sévère, mais juste dans le service, et, dans les relations sociales, d'un commerce aimable et sûr.

Ernest Marié est né en juin 1817. Son père, Pierre Marié, était un maître de forges des plus estimés, habile et comme ingénieur et comme praticien. On lui doit plusieurs inventions et des installations, qui, en son temps, ont été remarquées. Il dirigea notamment les forges d'Imphy, et, plus tard, les forges de Port-Briais en Normandie.

Ernest Marié commença ses études chez ses parents, et les continua au collège Rollin; il s'y prépara à l'École polytechnique, où il entra en 1837. Son caractère indépendant

ne le portait point vers la carrière militaire; aussi donna-t-il sa démission au sortir de l'École, en 1839, pour prendre la carrière qu'avait suivie son père. Il entra comme élève externe à l'École des mines, où il fit les études les plus sérieuses, sans négliger toutefois les exercices corporels, l'escrime et l'équitation, auxquels il se livra avec la passion de son âge, et où il eut pour maîtres Bertrand et Baucher.

Au sortir de l'École des mines, en 1842, il alla pendant quelque temps travailler avec son père, alors directeur des forges d'Imphy; mais cette existence était trop paisible pour son caractère; il trouva une position qui lui offrait plus d'attraits, et il quitta les forges d'Imphy en 1843.

Il alla dans les Landes, où on lui confia la reconstruction des hauts-fourneaux de Pontins. En même temps, il fut chargé de l'exploitation des grandes forêts de pins fournissant le charbon de bois aux hauts-fourneaux. Les forêts des Landes étaient, à cette époque, exploitées par des Espagnols sortis de tous les bagnes, véritables bandits, qui trouvèrent un maître redouté dans le jeune ingénieur; toujours à cheval et armé, il prit un grand ascendant sur ses ouvriers. La gendarmerie ne pénétrait jamais dans ces régions si mal habitées, et c'était au jeune directeur que les ouvriers s'adressaient pour trancher leurs différends. Malheureusement, atteint des fièvres, Marié fut bientôt obligé de quitter ses forêts des Landes, auxquelles il s'était déjà attaché, après deux années de séjour.

En 1845, il entra comme ingénieur au service d'une compagnie qui avait entrepris des recherches de minerais de cuivre en Algérie; il fut envoyé à Tenès (province d'Alger), où il resta près de deux ans. Là encore il put donner carrière à sa passion d'aventures; il se trouva au milieu de l'insurrection de Bou-Maza, et il transforma ses mineurs en soldats pour se défendre contre les agressions de l'insurgé. A cette époque, l'autorité militaire ne s'occupait pas

toujours des intérêts des colons, et chacun était obligé de se défendre comme il pouvait. Ernest Marié avait su, d'ailleurs, prendre beaucoup d'autorité sur les Arabes en dressant les chevaux réputés indomptables, grâce aux leçons qu'il avait autrefois reçues de son professeur Baucher. Ses recherches de minerais de cuivre n'eurent pas grand résultat, et, à la demande de ses parents, il se décida à rentrer en France.

Tels furent les débuts de la carrière d'Ernest Marié jusqu'au moment où il entra au chemin de Lyon, qu'il ne devait plus quitter jusqu'à sa mort. Il entra à la compagnie de Lyon en mai 1846. Il fut pendant quelque temps secrétaire de M. Jullien, l'éminent ingénieur, alors directeur du chemin de fer; bientôt après, il fut nommé ingénieur du matériel fixe, et il dut, en cette qualité, préparer des marchés importants pour la fourniture des rails et des divers appareils de la voie; il améliora et simplifia les dispositions de ces appareils, entre autres celles des signaux avancés des gares, qu'il fit manœuvrer par un seul fil; il installa sur tout le réseau les prises d'eau nécessaires à l'alimentation des locomotives. En 1858, il dressa le projet du pont de Saint-Germain-des-Fossés sur l'Allier, pont à tablier métallique supporté par des colonnes fondées en lit de rivière au moyen de l'air comprimé, et le fit exécuter au Creusot; c'est à peu près à cette époque que remonte l'emploi de ce mode de fondation si répandu depuis; avant le pont de Saint-Germain, le pont de la Quarantaine sur la Saône, à Lyon, avait été établi ainsi par des entrepreneurs anglais, mais le travail avait laissé à désirer. A la suite de ces travaux, Ernest Marié fut nommé chevalier de la Légion d'honneur.

Il construisit vers 1850 les premières machines à essayer la résistance des métaux, machines composées d'une presse hydraulique pouvant exercer un effort de 100 tonnes,

et d'une balance donnant la mesure exacte de l'effort. Ces machines servaient à mesurer la résistance des éprouvettes (barres d'épreuve) à la traction, ou des rails à la flexion ; elles furent plus tard employées par la marine avec quelques modifications, et sont à présent d'un usage général.

Il prit un brevet pour un système d'aiguilles se manœuvrant à distance par l'eau comprimée au moyen d'un accumulateur. Ce système vient d'être repris aux États-Unis, où il paraît devoir être employé avec succès.

Ernest Marié se maria en 1852. Il épousa la fille d'un magistrat, M. Silvestre de Chanteloup, qui termina sa carrière à la Cour de cassation. Son existence fut dès lors partagée entre ses occupations et sa famille. Il trouva dans sa femme une compagne dévouée. Pendant qu'il était attaché au service du matériel fixe, Ernest Marié dirigeait en même temps le service des combustibles ; il construisit trois usines à agglomérer, où la compagnie du chemin de fer fabrique depuis cette époque une grande partie des agglomérés qu'elle consomme ; il établit les magasins de combustibles, et organisa la comptabilité de ce service.

En 1857, lorsque M. Leconte remplaça M. Sauvage comme ingénieur en chef du matériel et de la traction, il ajouta à ses fonctions précédentes celles d'ingénieur inspecteur du matériel et de la traction.

En 1865, au moment de la fusion des services du réseau nord et du réseau sud, il quitta définitivement le service du matériel fixe et fut nommé ingénieur en chef adjoint à M. Leconte. C'est à ce moment de sa vie qu'il aborda un travail considérable : les services du réseau nord et du réseau sud étaient dirigés d'une façon tout à fait différente. Ernest Marié dut refaire l'organisation du service sur des bases nouvelles s'appliquant également bien aux deux réseaux ; il donna ainsi au service du matériel et de la traction une unité d'organisation nécessaire à tous égards. Ce

travail considérable fut fait en quelques mois; on peut en retrouver la trace dans les nombreuses instructions qu'il dressa à cette époque.

En même temps, il entreprit un travail d'une grande importance, tant au point de vue du service qu'à celui de la dépense : c'est la détermination précise des charges à remorquer par les différentes machines sur les diverses parties du réseau. Avant cette époque, on avait bien fait des expériences pour déterminer la résistance des trains à différentes vitesses, mais les formules qui avaient été publiées ne concordaient pas entre elles et n'étaient pas appliquées en service courant; les charges des machines étaient fixées suivant les besoins, d'après les indications de la pratique; les règles grossières que l'on appliquait ne tenaient pas compte des circonstances si variées de la traction des trains, de sorte que, par prudence, on faisait remorquer aux machines des charges bien inférieures à celles qu'elles eussent pu traîner. Cet état de choses appela l'attention de Marié; on pouvait, en effet, espérer que l'on arriverait à forcer, peut-être de 15 à 30 p. 100, les charges des machines en les calculant par des formules précises et s'appliquant à toutes les circonstances de la pratique. On comprend tout l'intérêt qu'il y avait à augmenter ainsi les charges; cela revenait à diminuer notablement le capital affecté à la construction et à l'entretien des locomotives, et le personnel des mécaniciens et des chauffeurs. Ernest Marié entreprit, dans ce but, de nombreuses expériences sur les points suivants :

1° Détermination de la puissance des locomotives en fonction de leurs dimensions;

2° Détermination de la résistance des trains et des machines;

3° Division des lignes du réseau en sections assimilables à une rampe ou à une pente déterminée.

Lorsque ces expériences furent terminées, il publia un

livret où les charges sont calculées d'avance pour chaque type de machine, chaque vitesse et chaque section du réseau. Ce livret est employé sur tout le réseau depuis 1863; il est entre les mains des chefs de dépôt et chefs de gare, qui l'appliquent sans difficulté.

Enfin, il établit sur des bases fixes et réglées le calcul des primes des mécaniciens pour l'économie de combustible. Jusqu'alors ce calcul était abandonné aux chefs de dépôt qui déterminaient les primes d'une manière plus ou moins rationnelle, et pouvaient, même sans le vouloir, favoriser certains mécaniciens aux dépens des autres. Ernest Marié établit un système de comptabilité évaluant le travail fait par les machines non par trains kilométriques, mais en unités de travail ou kilogrammètres, ce qui permet de comparer la consommation des machines sur les profils les plus différents. Les mécaniciens sont classés par ce procédé tous les mois, dans chaque dépôt, d'après leur consommation de charbon par unité de travail, et les primes ou retenues sont calculées en conséquence.

Nous avons insisté un peu longuement sur ce travail du calcul des charges et des primes des mécaniciens, parce qu'il constitua un grand progrès dans la science de la traction. Ernest Marié a publié dernièrement ses anciens calculs relatifs à ce travail (Lettre-circulaire du 1er juillet 1881, — Matériel et traction). Il eut dans ces travaux un collaborateur savant et laborieux dans la personne de M. Deloy, qu'il avait pris comme second en 1869, lorsque, à la mort de M. Leconte, il fut nommé ingénieur en chef du service.

Une des plus belles créations de M. Marié dans la traction est sans contredit l'organisation des dépôts de machines. Les anciens dépôts étaient nombreux et peu importants; dans le nouveau système, on en fait de grands centres où les machines sont réunies. En réduisant le nombre des dépôts, on a pu donner plus d'importance aux

attributions du chef de dépôt; les mécaniciens se trouvent alors sous les ordres d'un homme instruit et capable; les installations accessoires telles que réfectoire, salle de bains, etc., peuvent être établies d'une manière plus confortable, et un atelier joint au dépôt permet d'exécuter sur place les petites réparations, et de ne faire rentrer les machines dans les grands ateliers que pour les réparations considérables.

M. Marié donna une grande extension à ces ateliers; il développa beaucoup l'atelier de Paris; dans ces dernières années il fit des ateliers d'Oullins un établissement de premier ordre en rapport avec l'importance du réseau de Paris-Lyon-Méditerranée. Un grand nombre de locomotives ont été construites dans ces ateliers à un prix de revient notablement inférieur à celui de l'industrie, et il en est résulté, depuis bien des années, une économie considérable pour l'établissement du matériel de la compagnie; les ateliers étant dirigés d'une façon toute industrielle, le prix de revient est à peine égal à celui de l'industrie, et la situation de la compagnie lui permet d'ailleurs de passer des marchés de matières premières plus avantageusement que beaucoup d'industriels, en sorte qu'elle profite du bénéfice qu'auraient fait ceux-ci.

Marié construisit aussi de grands ateliers de wagons où les réparations sont faites rapidement et économiquement comme dans les ateliers et dépôts de machines.

Il avait aussi institué un bureau des études très complet où s'établissaient et se conservaient tous les dessins d'ensemble et de détail du matériel et des installations d'ateliers; en remettant au constructeur ces dessins complets, il assurait l'unité des types, ce qui est d'une importance majeure.

Dans ces dernières années, M. Marié reconnut la nécessité d'établir un contrôle sérieux pour la réception des métaux, des bois et des machines fournis par l'industrie. Il fit

établir à Paris un atelier des essais dans lequel figurent deux machines d'essai à 100 tonnes, rappelant la machine citée plus haut qu'il avait fait construire autrefois pour l'essai des rails.

M. Marié s'occupait beaucoup des études, et une grande partie du matériel a été créée par lui-même. Signalons en particulier la machine à quatre essieux couplés pour montagne, la nouvelle machine express à quatre essieux et à distribution intérieure, la nouvelle machine à marchandises à quatre essieux dont trois couplés, etc... C'était un travailleur infatigable arrivant toujours le premier à son bureau et le quittant après tout le monde.

Il est juste de dire que M. Marié fut secondé dans ses travaux par des agents d'élite, d'abord dans le matériel fixe par un jeune ingénieur, Georges Tardieu, mort à la peine, ensuite, dans le service bien plus important du matériel et de la traction, par MM. Deloy, Boutmy, Léon, Lebasteur, qui, eux non plus, n'ont pas ménagé leur peine, ni marchandé leur dévouement, et en dernier lieu, par M. Henry, ingénieur au corps national des mines, son adjoint alors, et actuellement son successeur.

Pendant la guerre, lorsque M. Audibert, le regrettable et regretté directeur de la Compagnie, quitta Paris pour assurer l'exploitation des lignes non envahies par l'armée allemande, M. Marié le suivit, comme les autres chefs de service, et contribua pour sa part à cette exploitation et aux transports considérables de troupes qui eurent lieu pour la défense du pays.

Après la guerre, M. Marié rentra à Paris; il y resta pendant les premiers temps de la Commune, et n'en sortit que quand il apprit qu'un mandat d'amener avait été lancé contre lui.

Lors de l'exposition de 1878, il rendit bien des services, et comme membre du comité d'installation, et comme membre du jury pour les chemins de fer. Il était membre

du Comité d'exploitation technique des chemins de fer au ministère des travaux publics, et là aussi il fut utile.

Ernest Marié reçut en 1879 la croix d'officier de la Légion d'honneur, juste récompense de ses travaux. Il paraissait à cette époque pouvoir fournir encore bien des années de travail, mais sa santé s'altéra, et le 25 août dernier il fut enlevé à sa famille, à ses amis, à son service. Il n'avait que soixante-cinq ans.

Sa mort a laissé un grand vide parmi les siens, mais si quelque chose peut adoucir la douleur de sa perte, c'est le témoignage d'affection que lui a donné son personnel en se joignant à sa famille, à ses chefs et à ses collègues pour l'accompagner à sa dernière demeure.

M. Marié laisse un fils, élève de l'École polytechnique, qui marche sur les traces de son père; entré en 1875 au chemin de fer de Lyon, il débuta dans les ateliers de Paris et au service du matériel; il fut ensuite ingénieur adjoint au contrôle des travaux extérieurs, et se trouve aujourd'hui à la tête de la division des combustibles. Il a publié dans les *Annales des mines* quelques travaux sur les outils d'ajustage, les régulateurs, la mesure des hautes pressions.

Paris, le 28 décembre 1882.

# NOTE

SUR

L'EXPLOSION D'UN RÉCIPIENT DE VAPEUR DANS UNE FABRIQUE DE NOIR ANIMAL AU BOURGET (SEINE).

**Extrait du rapport de M. l'ingénieur des mines Perrin.**

La fabrique de noir animal, où l'accident s'est produit, renferme deux récipients presque semblables servant au séchage du noir animal qui vient d'être lavé. L'un d'eux consiste en un cylindre de $1^m,65$ de hauteur et $1^m,12$ de diamètre, avec un double fond formé d'une plaque métallique perforée et posée à $0^m,06$ au-dessus du fond plein, et deux orifices, l'un à la partie supérieure pour introduire la matière, l'autre à la partie inférieure pour la retirer. Ce dernier orifice a $0^m,36$ de diamètre; il se ferme au moyen d'un tampon appliqué contre les bords avec une rondelle intermédiaire de caoutchouc, maintenu dans cette position par une vis de pression munie d'une poignée, et dont l'écrou est formé par une barrette transversale en fer forgé fixée à deux oreilles, qui porte la tubulure.

Le séchage du noir s'effectue de la manière suivante : le double fond ayant été recouvert d'une toile d'emballage, on introduit le noir par l'orifice supérieur, de manière à remplir complètement le cylindre. Les deux orifices étant refermés, on fait arriver la vapeur à la partie supérieure de l'appareil; après une première et courte période de condensation, la vapeur qui continue à affluer refoule peu à peu l'eau qui occupe les interstices des fragments de noir, cette

eau traverse la toile et les trous du double fond pour s'accumuler dans l'espace vide inférieur, et s'écoule par un tuyau de vidange, long de 10 mètres, débouchant à l'air libre. Lorsqu'il ne sort plus d'eau à l'extrémité de ce tuyau, mais seulement de la vapeur, l'opération est terminée; on desserre la vis, on enlève le tampon et on décharge l'appareil.

Pour éviter que le tuyau d'évacuation ne vînt à s'engorger, ce qui arrivait cependant quelquefois, il était recommandé de visiter et nettoyer, tous les quatre ou cinq jours, l'espace vide au-dessous du double fond, dans lequel pouvaient pénétrer des fragments de toile et de noir.

Le 4 avril 1882, un ouvrier, qui était chargé depuis longtemps de la conduite des deux récipients, introduisit la vapeur dans l'un d'eux et s'absenta pendant une heure; à son retour, il ferma le robinet d'admission, et remarquant un suintement d'eau par le joint du tampon, il voulut resserrer ce joint en agissant sur la poignée de la vis au moyen d'une forte clef servant de levier; mais la barrette se brisa et le tampon fut projeté en avant, livrant passage à un jet d'eau, de vapeur et de noir chauffé à plus de 100°, qui atteignit le malheureux ouvrier et le brûla mortellement.

La section de la barrette, au point où elle s'est brisée, est de 50 millim. sur 20 millim.; l'aspect de la cassure semble indiquer que le fer avait été brûlé à la forge lors de la fabrication de la pièce, et ne présentait par suite qu'une résistance réduite. A 38 millim. de la cassure, on voyait une fissure de 12 millim. de long; peut-être une fissure semblable préexistait-elle dans la section de rupture. Quoi qu'il en soit, la barrette n'aurait probablement pas cédé, ou même eût-elle cédé sous l'effort exercé par l'ouvrier, il n'y aurait pas eu projection violente du tampon et des matières contenues dans le récipient, s'il n'avait pas existé à l'intérieur une pression notable. Une telle pression ne pouvait se développer et surtout se maintenir après la

fermeture du robinet d'admission de vapeur, qu'en cas d'obstruction du tuyau d'échappement.

En démontant le joint à bride qui réunit les deux moitiés du tuyau d'évacuation, et dans le rétrécissement formé par ce joint, on a retrouvé un tampon de chiffons provenant évidemment des débris accumulés au fond du cylindre depuis le dernier nettoyage, et refoulés dans le tuyau jusqu'à l'obstacle formé par le rétrécissement existant vers le milieu de sa longueur.

Aucun des deux récipients n'était pourvu d'une soupape de sûreté, parce qu'ils avaient été considérés comme fonctionnant à l'air libre, l'intérieur restant en communication avec l'atmosphère par le tuyau d'évacuation qui ne porte aucun robinet. Toutefois, il est clair que ce tuyau de 10 mètres de longueur et 32 millim. de diamètre ne saurait être considéré comme un des moyens de communication visés par l'article 30 du décret du 30 avril 1880, et excluant toute pression effective nettement appréciable : d'une part, il peut s'obstruer aisément, d'autre part, le fonctionnement même de l'appareil en marche normale suppose l'existence d'une certaine pression, capable de vaincre la résistance qu'oppose au passage de l'eau une couche filtrante de 1$^{m}$,50 environ d'épaisseur de noir animal en menus fragments. Nous avons dû signaler ces circonstances, comme constituant des contraventions aux articles 30, 31 et 32 du décret de 1880.

L'accident ne se serait pas produit, ou il n'aurait pas eu la même gravité, si le récipient avait été éprouvé et pourvu d'une soupape de sûreté ; cette inobservation des règlements nous paraît devoir être considérée comme la cause principale de l'accident.

Depuis lors, ces appareils ont été régularisés. Comme ce moyen de séchage est assez répandu, et que d'autres industriels pourraient considérer leurs appareils comme échappant à toute réglementation, il serait utile de donner à

l'accident du 4 avril une certaine publicité officielle, afin de prévenir autant que possible le retour de faits de même nature.

### Avis de la Commission centrale des machines à vapeur.

Le rapport présenté à la Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 21 novembre 1882, par M. l'ingénieur en chef Luuyt, se termine par les observations suivantes :

« Trop souvent les circonstances dans lesquelles fonctionnent des récipients sont mal appréciées, et ils se trouvent exposés à une pression effective, en prévision de laquelle ils n'ont pas été construits, et qu'ils ne peuvent supporter.

« Le genre de récipient qui n'est pas soumis au règlement est tel que la production d'une pression effective y soit aussi impossible que la production, dans un générateur, d'une pression supérieure à celle qui correspond à la charge des soupapes de sûreté. Si l'appareil ne satisfait pas à cette condition, il est soumis aux règles prescrites par le titre V du décret du 30 avril 1880.

« Il serait utile de mettre en évidence, par une insertion aux *Annales des mines* et aux *Annales des ponts et chaussées*, ce nouvel exemple du danger qu'entraîne l'inobservation de ces règles ».

Cet avis a été adopté par la Commission.

---

# BULLETIN.

## ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

### ACCIDENTS ARRIVÉS DANS LES MINES ET LES CARRIÈRES.

*trait de rapports du ministre de l'intérieur approuvés par le Président de la République en* **1881** *et* **1882** (*).

| NOMS, rénoms et qualités. | LIEUX et dates. | ANALYSE des faits. | RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or. | MÉDAILLES en argent. | MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **15 décembre 1880 (**).** | | | |
| | | GARD. | classes | | |
| ANDRIVON, ingénieur de la concession houillère de Trelys et Palmesalade. | Puits de l'Arbousset, 2 juill. 1880. | N'a pas hésité à descendre dans un puits en construction et d'une profondeur de 260 mètres pour porter secours à quatre ouvriers qui y avaient été précipités par suite d'une fausse manœuvre et dont un seul a pu échapper à la mort. | | 2e | |
| PIALAT, receveur la même concession. | Id. | S'est distingué dans la même circonstance en secondant courageusement l'ingénieur Landrivon. | | | Mention |
| | | **15 janvier 1881.** | | | |
| | | LOIRE. | | | |
| TARDIVAT, ingénieur divisionnaire de la mine de Roche-la-Molière. | Roche-la-Molière, puits Dolomieu, accident du 24 déc. 1879. | A fait preuve d'un rare devouement pour rechercher les victimes et diriger les travaux de sauvetage, Déjà titulaire de la médaille de 1re classe en argent. | 2e | | |

(*) Cet extrait fait suite à celui qui a été publié dans la 6e livraison de 1881, p. 552.
(**) Ce premier extrait comble une lacune du précédent état.

| NOMS, prénoms et qualités. | LIEUX et dates. | ANALYSE des faits. | RÉCOMPENS[ES] décernées. MÉDAILLES en or. | en argent. | [cut off] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **5 janvier 1881 (suite).** | | | |
| | | **LOIRE.** | | classes | |
| NAYME, entrepreneur de travaux dans ladite mine. | Roche-la-Molière, 24 déc. 1879. | S'est exceptionnellement distingué par son courage et son activité. | | 1re | |
| GARAUD, ingénieur de la mine de Firminy, | Id. | Se sont signalés en prenant part aux explorations des galeries et travaux de secours. | | 2e | |
| JANISSON, sous-gouverneur à la mine de Roche-la-Molière. | | | | 2e | |
| BAGUE, ingénieur à ladite mine, | Id. | Belle conduite dans la même circonstance. | | | Me[illegible] |
| DUC, ingénieur de la mine de Firminy, | | | | | Id. |
| COLLY, gouverneur aux mines de Roche-la-Molière, | | | | | Id. |
| RULLIÈRE, sous-gouverneur aux mêmes mines, | | | | | Id. |
| LEGAT, idem, | | | | | Id. |
| FAVERGON, idem, | | | | | Id. |
| BERGET, idem, | | | | | Id. |
| MARTIN, entrepreneur de travaux aux mêmes mines, | | | | | Id. |
| MISTRALET, idem. | | | | | Id. |
| | | **15 mars 1881.** | | | |
| | | **HAUTE-SAÔNE.** | | | |
| ELLIOT (Victor), ingénieur de la compagnie de Ronchamp. | Houillères de Ronchamp, 1er sept. 1880. | A fait preuve d'un rare dévouement en organisant et en dirigeant les travaux nécessaires pour sauver deux ouvriers mineurs surpris par des éboulements au fond du puits d'Eboulet, et qui ont pu être délivrés après sept jours des plus courageux efforts. | | 1re | |

| NOMS, prénoms et qualités. | LIEUX et dates. | ANALYSE des faits. | RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or. | en argent. | MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **15 mars 1881 (suite).** | | | |
| | | **HAUTE-SAONE.** | classes | | |
| GRANDGÉRARD (Xavier), maître-mineur aux houillères de Ronchamp. | Houillères de Ronchamp, 1er sept. 1880. | S'est particulièrement distingué en pénétrant le premier auprès des deux victimes. | | 1re | |
| MARTEL (Amédée), maître-mineur aux mêmes mines. | Id. | S'est signalé par la prudence et l'énergie avec lesquelles il a conduit les travaux de sauvetage. | | 2e | |
| FAIVRE (Joseph), mineur aux mêmes mines. | Id. | Ont participé aux mêmes travaux avec une infatigable persévérance. | | | Mention |
| FAIVRE (Constant), idem. | | | | | Id. |
| COUTURIER (Anastase), idem. | | | | | Id. |
| COUTURIER (Augustin), idem. | | | | | Id. |
| DÉMÉSY (Hippolyte), idem. | | | | | Id. |
| GAVONÉ (Joseph), idem. | | | | | Id. |
| RICHARD (Théodule), idem. | | | | | Id. |
| DÉMÉSY (François), idem. | | | | | Id. |
| TAICLET (Augustin), idem. | | | | | Id. |
| | | **6 avril 1881.** | | | |
| TRAUTMANN, ingénieur en chef des mines. | Houillères de Ronchamp, 1er sept. 1880. | Ont fait preuve de zèle et de dévouement en participant aux travaux exécutés pour sauver deux ouvriers ensevelis sous des éboulements. | | | Félicitations |
| RIGAUD, ingénieur ordinaire des mines, | | | | | Id. |
| FRANÇOIS, ingénieur à la mine, de Ronchamp, | | | | | Id. |
| TAQUET, idem, | | | | | Id. |
| GOUMOENS, idem. | | | | | Id. |

| NOMS, prénoms et qualités. | LIEUX et dates. | ANALYSE des faits. | RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or. | en argent. | MENTIONS honorables — LETTRES de félicitations. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **9 juillet 1881.** | | | |
| | | **INDRE-ET-LOIRE.** | classes | | |
| MARTINET (Antony), secrétaire général de la préfecture d'Indre-et-Loire. | Néman et Vieux-Ports, 1879-1880. | A fait preuve d'un rare dévouement lors des catastrophes de Néman (embâcles de l'hiver 1879-1880, et de Vieux-Ports (écroulement de fours à chaux) et exposé plusieurs fois sa vie pour donner l'exemple aux sauveteurs découragés. | 2e | | |
| | | **27 septembre 1881.** | | | |
| | | **AVEYRON.** | | | |
| DELCROS (Louis), chef de poste à la concession de Cransac, | Houillères de Cransac, 6 nov. 1880. | Ont couragement exposé leur vie pour porter secours à deux ouvriers mineurs tombés asphyxiés dans la mine de Passelaygue. | | 1re | |
| PIERRE (Jean), mineur, | | | | 2e | |
| MARNEJOULS (Joseph), idem. | | | | 2e | |
| | | **LOIRE.** | | | |
| BONHOMME (Laurent-Benoît), gouverneur à la concession de Firminy et Roche-la-Molière. | Concession houillère de Firminy et Roche-la-Molière, puits Adrienne, 27 déc. 1880. | A bravé tous les dangers pour porter secours à des ouvriers mineurs surpris dans les galeries par les fumées d'un incendie et sur le point de périr asphyxiés. Déjà titulaire de la médaille d'or de 2e classe. | 1re | | |
| CLAUDINON (Pierre), chargeur à la même concession, | Id. | Se sont particulièrement distingués en secondant le sieur Bonhomme et en opérant plusieurs sauvetages. | | 2e | |
| CREPET (Jacques), toiseur à la même concession. | | | | 2e | |
| ROMIER (Mathieu). | | Belle conduite lors du même accident. | | | Mention |
| PORTAFAIX (Georges), | Id. | | | | Id. |
| PERRIN Victor-Joseph), | Id. | | | | Id. |
| ROUBY (Antoine), | Id. | | | | Id. |
| DIDIER (Eugène), mineurs à la même concession. | Id. | | | | Id. |

| NOMS, prénoms et qualités. | LIEUX et dates. | ANALYSE des faits. | RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or. | en argent. | MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **13 février 1882.** RHÔNE. | classes | | |
| BAILLY (Blaise), gouverneur du puits Moïse aux houillères de Rive-de-Gier. | Lyon, 15 fév. 1881. | A exposé sa vie en organisant le sauvetage d'un homme enseveli par un éboulement dans un conduit souterrain; s'était précédemment distingué dans d'autres circonstances. | | 2e | |
| | | **8 avril 1882.** AVEYRON. | | | |
| BROSSETTE, garde-mines, à Aubin. | Concession de Lavernhe, 6 mai 1881. | A fait preuve de dévouement lors d'un accident survenu au Mas-de-Mouly, où deux ouvriers ont été tués par un éboulement. | | | Félicitations |
| | | **27 mai 1882.** SAÔNE-ET-LOIRE. | | | |
| COMMEAU (Pierre), chef de poste à la concession houillère de Blanzy, | Mines de Blanzy, 29 oct. 1881. | S'est exposé à de graves dangers en travaillant au sauvetage de deux ouvriers mineurs ensevelis sous un éboulement. | | 2e | |
| AMOUR (Benoît), ouvrier mineur à la même concession, | id. | Se sont signalés par leur belle conduite dans cette circonstance. | | | Félicitations |
| JOURREAU (Antoine), idem. | | | | | Id. |
| | | **8 juillet 1882.** INDRE-ET-LOIRE. | | | |
| ISSAUD (Bernard), maître charpentier, à Château-Chinon, | Saint-Benoît, 28 janvier au 2 fév. 1882. | Se sont particulièrement distingués en travaillant pendant plusieurs jours au sauvetage d'un ouvrier enseveli au fond d'un puits et dont ils n'ont pu retrouver que le cadavre. | | 2e | |
| OUARY, mineur aux mines de Chalonnes (Maine-et-Loire). | | | | 2e | |
| ORSEL, ingénieur en chef des mines de l'arrondissement de Poitiers, en résidence à Tours. | id. | A dirigé nuit et jour les travaux, donnant à tous l'exemple du courage et de la plus complète abnégation. | | | Félicitations |

| NOMS, [illegible] prénoms et qualités. | LIEUX et dates. | ANALYSE des faits. | RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or. | en argent. | MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations. |
|---|---|---|---|---|---|
| **8 juillet 1882 (suite).** | | | | | |
| **INDRE-ET-LOIRE.** | | | | classes | |
| CLAVEL, garde-mines, à Tours, | Saint-Benoît, 28 janvier au 2 fév. 1882. | Se sont distingués par leur zèle et leur utile coopération dans la même circonstance. | | | Félicitations |
| BUGNET, agent voyer cantonal, à Chinon. | | | | | Id. |
| **GARD.** | | | | | |
| PANCHOT (Georges), chef de poste aux houillères de Rochebelle et Cendras. | Puits Fontanes, 6 fév. 1882. | A fait preuve d'un rare dévouement en bravant tous les dangers pour porter secours à deux ouvriers qui avaient été précipités au fond d'un puits et dont l'un était grièvement blessé. | | 1re | |
| **4 août 1882.** | | | | | |
| **ISÈRE.** | | | | | |
| BOURDON, garde-mines, | Chirens, 7 fév. 1881. | Se sont signalés en dirigeant les travaux entrepris pour sauver un ouvrier enseveli dans un puits sous un éboulement. | | | Félicitations |
| BESSON (Martin), maître-mineur. | | | | | Id. |
| **15 septembre 1882.** | | | | | |
| **GARD.** | | | | | |
| VIALA, ingénieur en chef des mines de Lalle, | Concession houillère de Lalle, 4 avril 1882. | Se sont signalés en coopérant au sauvetage d'un ouvrier enseveli sous un éboulement de remblais et qui se trouvait en danger de mort. | | | Félicitations |
| MATHERON, ingénieur des mines de Lalle, | | | | | Id. |
| PRATLONG (François), maître-mineur, | | | | | Id. |
| VEYSSEL (Henri), chef de poste, | | | | | Id. |
| HEYSSIER (Jean), idem, | | | | | Id. |
| REDOUL (François), charpentier, | | | | | Id. |
| BATAILLE (Etienne), mineur. | | | | | Id. |

| NOMS, prénoms et qualités. | LIEUX et dates. | ANALYSE des faits. | RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or. | en argent. | MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations. |
|---|---|---|---|---|---|
| **15 septembre 1882 (suite).** | | | | | |
| **BASSES-PYRÉNÉES.** | | | classes | | |
| SALANNE (Robert). | Urcuit, 15 sept. 1881. | Est parvenu après deux tentatives à retirer d'un puits le corps d'un ouvrier qui y était tombé asphyxié. | | 2e | |
| **10 octobre 1882.** | | | | | |
| **PAS-DE-CALAIS.** | | | | | |
| VIALA, ingénieur en chef de la compagnie houillère de Liévin, | Liévin, 13 avril 1882. | Ont déployé autant d'intelligence que de dévouement lors d'une explosion de grisou pour opérer le sauvetage des victimes. | | | Félicitations |
| DESAILLY, ingénieur divisionnaire, | | | | | Id. |
| DENIS, chef porion, même compagnie. | | | | | Id. |
| **21 décembre 1882.** | | | | | |
| **SEINE-ET-MARNE.** | | | | | |
| MANSUY, garde-mines, | Claye-Souilly, 29 et 30 juin 1882. | A montré autant d'intelligence que d'énergie dans la direction des travaux entrepris pour retrouver les corps de deux ouvriers ensevelis dans une carrière sous un éboulement. | | 2e | |
| PÉRADON, ouvrier carrier à Annet. | Id. | S'est particulièrement distingué lors de cet accident en exécutant les travaux les plus difficiles et les plus dangereux. | | 2e | |
| MERMOZ (Louis), idem, | Id. | Ont rivalisé de dévouement dans la même circonstance. | | | Félicitations |
| FILLON, domicilié à Le Pin, | | | | | Id. |
| LEFEBVRE (Auguste), ouvrier carrier à Annet, | | | | | Id. |
| RÉGNIER, commis à Claye-Louilly. | | | | | Id. |

## MÉTHODES D'EXÉCUTION DES GRANDS TUNNELS.

On a plus d'une fois discuté la question de la méthode à employer pour l'exécution rapide des grands tunnels, certains ingénieurs préconisant la méthode anglaise, avec galerie d'avancement à la base, d'autres préférant la méthode belge, c'est-à-dire la galerie en calotte. Au Mont-Cenis on a employé la première de ces méthodes; au Saint-Gothard M. Favre a appliqué la deuxième. Pour le percement de l'Arlberg, c'est la galerie de base qui a été adoptée. M. G. Bridel, ingénieur en chef de la construction du chemin de fer du Gothard, vient de publier sur la comparaison de ces deux méthodes, un travail d'un grand intérêt, qu'il a paru intéressant de résumer ici aussi brièvement que possible.

Il est facile, avec le travail à la main pour le percement de la galerie d'avancement, de faire marcher d'un pas égal ce percement et les travaux d'élargissement et de maçonnerie; mais avec la rapidité que procure l'emploi des perforatrices, il devient indispensable, pour éviter des retards dans l'achèvement de l'œuvre, de multiplier les points d'attaque pour l'élargissement et de répartir les travaux de fouille et de chargement des déblais de manière à n'avoir nulle part d'encombrement.

Au tunnel de l'Arlberg, on perce de distance en distance, à 50 ou 60 mètres les unes des autres, des cheminées verticales au toit de la galerie d'avancement; dès qu'une cheminée est percée jusqu'au ciel de l'excavation définitive, on en fait partir deux petites galeries en calotte, l'une en avant, l'autre en arrière; quand deux cheminées sont ainsi réunies, on bat au large et on enlève la calotte; on déblaie ensuite le petit stross, dont l'épaisseur est comprise entre la sole de la galerie de faîte et le plafond de la galerie d'avancement; puis on enlève les piédroits à droite et à gauche de cette galerie, et on procède immédiatement à l'exécution de la maçonnerie. Ce travail d'élargissement se fait par anneaux de 8 mètres de long, distants de 32 mètres. Dans les sept premiers mois de 1882 on a, du côté Est, percé 1.148$^m$,90 de galerie et achevé complètement 1.255$^m$,90, soit, par mois, respectivement 164$^m$,10 et 179$^m$,40; le front de la galerie d'avancement était, au 31 juillet de cette même année, à 680 mètres en avant de la maçonnerie achevée. Du côté Ouest, où les roches sont très mauvaises, les résultats ont été tout aussi bons. Au total, du côté Est, la galerie d'avancement avait, au 31 juillet 1882, 3.005$^m$,90 et les maçonneries étaient terminées sur 2.325$^m$,90; du côté Ouest

on avait percé 2.353$^m$,10 de galerie d'avancement et fait 1.358$^m$,80 de maçonnerie. La voie est posée immédiatement sur la plateforme de la galerie d'avancement et on n'a plus qu'à la riper contre l'un des piédroits quand le tunnel est achevé sur toute sa section.

Au Saint-Gothard, la galerie d'avancement était placéee en calotte; on élargissait à droite et à gauche, puis on en levait le petit stross, et l'on construisait la voûte. On attaquait ensuite le stross inférieur en deux moitiés, dans le sens longitudinal : la première moitié, la cunette de stross, enlevée, on construisait le piédroit, puis on enlevait la deuxième moitié et l'on construisait le second piédroit. Mais il fallait que l'avancement restât en communication permanente, par voie ferrée, avec la plateforme du tunnel achevé : la voie était donc divisée en trois étages, le plus élevé au niveau de la galerie en calotte, le plus bas au niveau de la plateforme définitive, avec un étage intermédiaire à la sole du petit stross. On avait essayé des élévateurs hydrauliques pour faire passer les wagons d'un étage à l'autre, mais ces appareils se détérioraient et fonctionnaient mal, de sorte qu'on dut revenir à l'emploi des rampes de raccordement, rampes dont le déplacement était long et coûteux et troublait le service des transports. En fait, on ne les déplaçait guère que tous les 500 mètres, de sorte qu'on avait, à l'étage inférieur, un retard de 500 mètres d'un côté à l'autre, et à l'étage intermédiaire une distance égale encore entre l'enlèvement de la seconde moitié du petit stross et le front de la cunette du même étage.

En ajoutant à ces 1.000 mètres la longueur des rampes, la distance à conserver entre les chantiers où l'on fait usage de la mine, d'une part, et les parties qui doivent rester à l'abri des coups de mine, d'autre part, telles que les rampes, les chantiers de maçonnerie, etc., et enfin en tenant compte de la longueur occupée par les divers chantiers d'élargissement, M. Bridel arrive, pour un avancement mensuel de 150 mètres, à une distance totale de 2.365 mètres entre le front de la galerie de calotte et l'extrémité de la portion complètement achevée du tunnel : il resterait donc, dans ce système, une fois le percement fait, 4.730 mètres à terminer, ce qui exigerait au moins douze mois de travail.

Au Saint-Gothard, lorsque la rencontre des deux galeries a eu lieu, il restait à faire 3.919 mètres de voûte, 4.683 mètres de piédroit Ouest, et 5.544 mètres de piédroit Est. Le percement avait eu lieu, à peu de chose près, dans les délais convenus, tandis qu'il y a eu, pour l'achèvement, un retard de près d'un an sur ces délais. A l'Arlberg, au contraire, on peut compter que le tunnel sera fini quatre mois et demi ou cinq mois après la rencontre des galeries.

Il résulte de cette comparaison que la méthode anglaise a sur la méthode belge une supériorité marquée au point de vue de la rapidité de l'achèvement, étant donné qu'on puisse employer la perforation mécanique et obtenir de forts avancements.

Cette méthode présente également un avantage sérieux, au point de vue de la construction elle-même, dans les terrains difficiles donnant de fortes pressions : elle permet, en effet, de construire les maçonneries d'un seul coup sur toute la section, puisqu'on en commence l'exécution par la partie inférieure. Avec la méthode belge, il peut arriver, et il arrive, dans les terrains meubles, que la voûte s'abaisse au moment de l'enlèvement du stross et du déblaiement des piédroits; il faut donc construire originairement la voûte un peu plus haut que la cote définitive, et les mouvements de terrain qui se produisent au-dessus d'elle lors de son affaissement ont pour conséquence des pressions plus fortes que celles qu'elle aurait eu à supporter si elle n'avait pas bougé. Si, en outre, le terrain est plastique et exerce des pressions latérales, la voûte se déforme avant même qu'on ait commencé à travailler aux piédroits, et, quelques soins qu'on prenne pour l'étrésillonner, il arrive parfois qu'on ne peut éviter des rétrécissements qui en rendent la conservation impossible. Ainsi, dans la mauvaise partie du tunnel du Saint-Gothard, sous la plaine d'Andermatt, on a constaté, sur des points où les piédroits étaient exécutés, des abaissements de 1 mètre à la clef, et, dans les parties où l'on commençait seulement à enlever le stross, des rétrécissements de 1 mètre, à $2^m,20$ au-dessous de la clef, correspondant à un rapprochement de $1^m,25$ des naissances; il fallut refaire complètement ces maçonneries en commençant par les piédroits. Comme on est toujours exposé à rencontrer de mauvais terrains, il convient de prendre ses mesures en conséquence, et de donner, dans cette prévision, la préférence à la méthode anglaise sur la méthode belge.

Au point de vue de la dépense, il résulte des calculs de M. Bridel que, si la méthode belge présente, par rapport à la méthode anglaise, une certaine économie, cette économie est beaucoup plus théorique que réelle et serait à peine de 1 à 2 p. 100, mais qu'en fait elle disparaît complètement pour faire place, au contraire, à une augmentation de frais, en raison de la difficulté plus grande du chargement et du transport des déblais, de l'évacuation des eaux, et de la nécessité où l'on est de déplacer plusieurs fois la voie et les conduites d'air et d'eau.

Enfin, comme on dispose de plus d'espace avec la méthode anglaise, puisqu'on ouvre plus rapidement le tunnel sur toute sa

section, on peut, comme on le fait à l'Arlberg, installer une conduite spéciale de diamètre relativement considérable pour amener une grande quantité d'air à faible pression et obtenir ainsi une ventilation des chantiers beaucoup meilleure que celle qu'on a pu réaliser au Saint-Gothard avec l'air à haute pression envoyé pour les perforatrices.

(*Extrait de la brochure intitulée :* Examen critique des systèmes d'exécution appliqués à la construction rapide des grands tunnels, par G. Bridel. *Lucerne.* 1883.)

R. Z.

---

## ANNALES DES CONSTRUCTIONS CIVILES ET DES MINES DU PÉROU

Par M. DAUBRÉE.

---

L'Ecole des constructions civiles et des mines de Lima vient de faire paraître, en 1882, le 2e volume du recueil périodique qu'elle publie en langue espagnole sous ce titre. Les matières du 1er volume, paru en 1880, ont été signalées dans les *Annales des mines* (*). Le 2e volume contient les deux articles suivants :

1° Une étude intéressante, que nous ne pouvons analyser ici et qui occupe la plus grande partie de ce volume, de M. A. Raimondi, sur les *Sources minérales du Pérou.*

2° Un travail sur la *Manière de construire des anciens Péruviens*, par M. Charlon, ingénieur civil et professeur à l'École.

L'histoire du Pérou peut être divisée en trois époques, primitive, antique et historique, et c'est cette dernière, qui se partage elle-même en historique antérieure aux Incas et contemporaine de ceux-ci, que l'auteur examine.

Les monuments en pierre travaillée sont rares, parce que les Péruviens ne connaissaient pas les outils en fer : les seuls outils qu'ils avaient étaient en un alliage de cuivre plus ou moins *durci* (que le texte désigne improprement sous le nom de cuivre trempé). Cependant les ruines de Tiahuanaco, Ollantaytambo, la localité nommée *la Fortaleza* et d'autres, renferment des pierres travaillées, et même avec une admirable perfection; mais ces constructions correspondent à une époque très ancienne et bien

(*) *Annales des mines*, 7e série, t. XIX, p. 501.

antérieure à l'histoire des Incas. Les carrières où toutes ces pierres paraissent avoir été exploitées se trouvent à 75 kilomètres en ligne droite de la situation actuelle de Tiahuanaco, dans l'isthme qui joint la péninsule Copacabana avec la terre ferme.

Dans la carrière on divisait la pierre, en la chauffant, suppose-t-on, par la combustion de paille, et ensuite par une projection d'eau froide, qui déterminait la rupture en morceaux de toutes dimensions.

Pour élever les matériaux, on faisait des plans inclinés dont on augmentait la longueur, à mesure que le travail gagnait en hauteur. On employait aussi, à cet effet, des cordes et des câbles que fabriquaient les Indiens.

Les outils employés par les anciens Péruviens pour la taille des pierres étaient les uns en alliage de cuivre durci, d'autres en pierre très dure. Les premiers avaient la forme de nos ciseaux, c'est-à-dire qu'une des extrémités se terminait en pointe, et l'autre en forme de couteau. Il existe aussi des haches du même alliage de cuivre, dont le bord est arrondi et dont le manche s'introduisait dans un trou ménagé au travers du métal, de manière à rester perpendiculaire au plan vertical passant par le bord. Quelques-uns de ces instruments sont remarquables par leur dureté. Une analyse de Rivero y a signalé :

| | |
|---|---|
| Cuivre. | 94 |
| Étain. | 6 |
| | 100 |

C'est sans motif suffisant que la cause de leur dureté a été attribuée à une petite quantité de silicium. Peut-être un martelage contribuait-il à ce résultat.

Pour sculpter la pierre et y produire des bas-reliefs, on couvrait avec de la cendre les lignes du dessin qui devait rester en relief; ensuite on chauffait toute la surface. Les parties de la pierre qui étaient soumises immédiatement au feu se décomposaient, et faisaient des creux plus ou moins profonds, tandis que la superficie garantie par la cendre, corps mauvais conducteur de la chaleur, restait intacte. Pour finir son travail, le sculpteur n'avait plus qu'à repasser légèrement avec son ciseau de métal.

Le plâtre (*pachachi*) s'employait de plusieurs façons; quelquefois mélangé à une espèce de bitume très abondant dans quelques régions du Pérou, il formait une pâte qui durcissait rapidement et cimentait très fortement. Le mélange de chaux (*iscu*) et d'une espèce de bitume servait pour la construction des canaux d'irriga-

tion. Les argiles servaient à faire des briques crues et les ciments.

Dans quelques localités on faisait usage d'une pierre calcaire à laquelle on ajoutait une quantité variable d'argile, comme pour fabriquer une sorte de chaux hydraulique. Malgré leur variété et la grande quantité de bois qu'ils possédaient, les Péruviens en faisaient très peu usage dans les constructions et en limitaient l'emploi aux portes, aux fenêtres et aux toits; ils employaient aussi des roseaux.

De grosses briques crues atteignaient de $1^m$ à $1^m,50$ de long sur $0^m,75$ à $1^m$ d'épaisseur. Les ouvrages en terre sont particulièrement communs sur les côtes du Pacifique.

Dans les constructions ordinaires, en pierre brute ou en briques crues, l'épaisseur des murs ne dépasse pas $0^m,40$; il en est toutefois de 7 à 8 mètres, et, dans certains murs d'aqueduc, l'épaisseur a été portée jusqu'à 12 mètres, à cause des tremblements de terre. Quand les Indiens voulaient faire des murs de grande résistance, n'ayant à leur disposition que de petits matériaux, ils obtenaient de la solidité en en formant deux, trois ou plus les uns derrière les autres.

Les mesures employées par les anciens Péruviens étaient une variété de la brasse et ses divisions. Les Aymaraes et les Quechuas appelaient *loca* la longueur du bras, soit $0^m,60$ à $0,^m65$, et *vicu* la longueur mesurée entre le pouce et l'index, c'est-à-dire le quart de la loca. Pour la mesure des terrains les Quechuas employaient le *tupu*, ou superficie carrée de 100 locas de côté.

Les Indiens connaissaient la numération décimale aussi parfaite et aussi complète que la nôtre, dit l'auteur, qui, on doit le regretter, n'a pas démontré son assertion.

La publication dont il s'agit a déjà fait connaître beaucoup de faits relatifs à un pays fort remarquable au point de vue de sa constitution géologique et minéralogique. Il présente un intérêt réel et il mérite d'être encouragé. Il fait honneur à M. Habich, géomètre fort distingué, à qui l'on doit la fondation de l'École, qu'il continue à diriger avec succès, malgré les circonstances exceptionnellement difficiles qui sont la conséquence de la guerre.

(Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1883, t. XCVI, p. 600.)

---

# TABLE DES MATIÈRES

## DU TOME DEUXIÈME.

### MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.



### MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.



### MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.



### OBJETS DIVERS.

## BULLETIN.



## ERRATA

Page 309, ligne 20, page 310, ligne 17, et page 317, ligne 15, *au lieu de* Pl. IV, *lire* Pl. X.

Page 317, ligne 15, *au lieu de* Pl. V, *lire* Pl. XI.

Page 318, ligne 5, *au lieu de* Pl. IX, *lire* Pl. XI.

# EXPLICATION DES PLANCHES

## DU TOME DEUXIÈME.

Pl. I, II et III, *fig.* 1, 2. — Percement des Alpes.

Pl. III, *fig.* 3. — Soupape de sûreté de M. Codron.

Pl. III, *fig.* 4 à 12. — Frein à air comprimé de M. Wenger.

Pl. IV. — Carte des divisions administratives du service ordinaire des mines.

Pl. V. — Gisements de charbon et de bitume de la Trinidad.

Pl. VI, VII, VIII et IX. — Exploration des gîtes de combustibles et des gîtes métallifères de l'Indo-Chine.

Pl. X, XI et XII. — Végétaux fossiles des couches de charbon du Tong-King.

Pl. XIII, *fig.* 1 à 5. — Pédale à soufflet de MM. Leblanc et Loiseau.

Pl. XIII, *fig.* 6 à 11. — Mode d'action des freins.

Pl. XIV, XV, XVI et XVII. — Matériel des trains-tramways.

IMPRIMERIE C. MARPON ET E. FLAMMARION
RUE RACINE, 26, A PARIS.

# LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS

ENTRE

## LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

---

Les *Annales des mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1882, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — Philosophical Transactions of the ROYAL SOCIETY OF LONDON.
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — Minutes of the Proceedings of the INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — Atti della SOCIETA TOSCANA DI SCIENZE NATURALI. *Pise.*
9. — Bibliothèque universelle et Revue suisse; partie scientifique: archives des sciences physiques et naturelles. *Genève.*
10. — Mémoires de la SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — KAISERLICH - KÖNIGLICHE GEOLOGISCHE REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — ROYAL GEOLOGICAL SOCIETY OF CORNWALL. *Penzance.*
18. — GEOLOGICAL SURVEY OF GREAT-BRITAIN. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH.
20. — SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. *Saint-Etienne.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT. *Berlin.*
23. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. *Giessen.*
24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS. *Vienne.*
25. — Anales de la SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. *Buenos-Ayres.*

26. — Zeitschrift des ARCHITEKTEN UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*
27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*
28. — Berg-und Hüttenmännische Zeitung. *Leipzig.*
29. — Bulletin de la SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE.
30. — SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.
31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan.*
32. — Zeitschrift des VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE. *Berlin.*
33. — SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS. *Paris.*
34. — OBSERVATOIRE DE PARIS.
35. — BOSTON SOCIETY OF NATURAL HISTORY. *Boston (États-Unis).*
36. — SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE NORMANDIE. *Caen.*
37. — Moniteur des intérêts matériels. *Bruxelles.*
38. — Iron. The Journal of science, metals and manufactures. *Londres.*
39. — Mittheilungen aus dem Jahrbuche der KÖNIGLICHEN UNGARISCHEN GEOLOGISCHEN ANSTALT. *Pesth.*
40. — The Journal of the IRON AND STEEL INSTITUTE. *Londres.*
41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York.*
42. — NORTH OF ENGLAND INSTITUTE OF MINING AND MECHANICAL ENGINEERS. *Newcastle-upon-Tyne.*
43. — LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER.
44. — Berg und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. BERGAKADEMIEN ZU LEOBEN und PRZIBRAM und der KÖN. UNGAR. BERGAKADEMIE ZU SCHEMNITZ. *Vienne.*
45. — Oesterreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen. *Vienne.*
46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liége.*
47. — Transactions of the AMERICAN INSTITUTE OF MINING ENGINEERS. *Easton (Pensylvanie).*
48. — REALE ACADEMIA DEI LINCEI. *Rome.*
49. — AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. *New-York.*
50. — ACADEMY OF NATURAL SCIENCES OF PHILADELPHIA.
51. — COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA. *Madrid.*
52. — Mémorial de l'Artillerie de la Marine. *Paris.*
53. — MIDLAND INSTITUTE OF MINING, CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERS. *Barnsley (Yorkshire).*
54. — L'Électricien, revue générale d'électricité. *Paris.*
55. — Giornale del Genio civile. *Rome.*
56. — Le génie civil. *Paris.*

# BIBLIOGRAPHIE.

## DEUXIÈME SEMESTRE DE 1882.

## OUVRAGES FRANÇAIS.

### 1° *Mathématiques pures.*

André (C.) et A. Angot. — L'Astronomie pratique et les Observatoires en Europe et en Amérique depuis le milieu du xvii^e siècle jusqu'à nos jours; par C. André et A. Angot. Quatrième partie : Observatoires de l'Amérique du Sud ; Établissements météorologiques des États-Unis. In-18 jésus, 130 p. avec 11 fig. Paris, Gauthier-Villars. 3 fr. (7375)

Autonne (L.). — Recherches sur les intégrales algébriques des équations différentielles linéaires à coefficients rationnels ; par M. Léon Autonne, élève ingénieur des ponts et chaussées, docteur ès sciences mathématiques. In-4°, 85 p. Paris, Gauthier-Villars. (8019)

Bræunig (F.). — Calcul mental ; par F. Bræunig, sous-directeur de l'École Alsacienne. Cours élémentaire. 2 vol. In-16. Manuel du maître, 80 p. Paris, Weil et Maurice. (10048)

Comberousse (C. de). — Cours de mathématiques à l'usage des candidats à l'École polytechnique à l'École normale supérieure, à l'École centrale des arts et manufactures ; par Charles de Comberousse, professeur de mathémathiques. 2^e *édition*, refondue et augmentée. T. 2 : Géométrie élémentaire, plane et dans l'espace ; Trigonométrie rectiligne et sphérique. In-8°, xxviii-803 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 12 fr. (13063)

Darboux (G.). — Sur le problème de Pfaff ; par M. G. Darboux, professeur à la Sorbonne. In-8°, 46 p. Paris, Gauthier-Villars. 2 fr. (8418)

Dupuis (J.). — Le nombre géométrique de Platon, seconde interprétation; par J. Dupuis. In-8°, 32 p. Paris, Hachette et Cᵉ 1 fr. (987)

Everett (J. D.). — Unités et constantes physiques; par J. D. Everett, M. A., D. C. L., F. R. S., F. R. S. E., professeur de philosophie naturelle au Queen's college, Belfast. Traduit de l'anglais par Jules Raynaud, docteur ès sciences, professeur à l'École supérieure de télégraphie, avec le concours de L. Thevenin, G. B. de la Touanne et E. Massin, sous-ingénieurs des télégraphes. In-8°, XVI-20 p. Paris, Gauthier-Villars. 4 fr. (13081)

Frenet (F.). — Recueil d'exercices sur le calcul infinitésimal; par M. F. Frenet, professeur honoraire à la faculté des sciences de Lyon. Ouvrage destiné aux candidats à l'École polytechnique et à l'École normale, aux élèves de ces écoles et aux personnes qui se préparent à la licence ès sciences mathématiques. 4ᵉ *édition*, revue et augmentée. In-8°, VI-458 p. avec 29 fig. Paris, Gauthier-Villars. 8 fr. (7658)

Goubet (P. J.). — Histoire de mes travaux; par M. Pierre-Joseph Goubet, châtelain de Beugny. 1° Les Logarithmes des nombres; 2° les Logarithmes des cercles; la Quadrature du cercle. In-4°, 32 pages. Arras. (10422)

Jordan (C.). — Cours d'analyse de l'École polytechnique; par M. C. Jordan, de l'Institut, professeur à l'École polytechnique. T. 1: Calcul différentiel. In-8°, XVI-378 p. avec 26 fig. Paris, Gauthier-Villars. 11 fr. (7696)

Kœnigs (G.). — Sur les propriétés infinitésimales de l'espace réglé; par M. G. Kœnigs, docteur ès sciences mathématiques. In-4°, 127 p. Paris, Gauthier-Villars. (7705)

Laplace. — Œuvres complètes de Laplace, publiées sous les auspices de l'Académie des sciences par MM. les secrétaires perpétuels. T. I, II, III et V. In-4°.

Laquière (E. M.). — Loi des hasards, ou Loi fondamentale de la théorie des probabilités appliquée aux sciences expérimentales; par E. M. Laquière, ancien élève de l'École polytechnique. In-8°, 22 p. Paris, Gauthier-Villars. 1ᶠ,50. (8504)

Mouchez. — Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire de Paris pour l'année 1881, présenté au conseil, dans sa séance du 20 janvier 1882; par M. le contre-amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire. In-4°, 29 p. Paris, Gauthier-Villars. (7749)

Nicolas (J.). — Étude des fonctions de Fourier (première et deuxième espèces); par M. J. Nicolas, docteur ès sciences mathématiques. In-4°, 91 p. Paris, Gauthier-Villars. (7751)

**Porchon** (P.). — Éléments de géométrie (programme du 2 août 1880) pour les classes de lettres ; par P. Porchon. professeur de mathématiques. In-12, 326 p. avec 292 fig. Paris, Germer Baillère et C^e. (10238)

**Rouché** (E.) et C. **de Comberousse**. — Traité de géométrie ; par MM. Eugène Rouché et Ch. de Comberousse, professeurs à l'École centrale. Conforme aux programmes officiels, renfermant un très grand nombre d'exercices et plusieurs appendices consacrés à l'exposition des principales méthodes de la géométrie moderne. 4^e *édition*, revue et augmentée. Seconde partie : Géométrie dans l'espace. In-8°, xvi-549 p. avec 616 fig.. Paris, Gauthier-Villars. 8 fr. (7800)

**Salmon** (G.). — Traité de géométrie analytique à trois dimensions : par G. Salmon, professeur à l'Université de Dublin. Ouvrage traduit de l'anglais sur la 4^e *édition* par O. Chemin, ingénieur des ponts et chaussées. Première partie : Lignes et surfaces du premier et du second ordre. In-8°, xviii-336 p. Paris, Gauthier-Villars. 7 fr. (7805)

**Salmon** (G.). — Traité de géométrie analytique (sections coniques), contenant un exposé des méthodes les plus importantes de la géométrie et de l'algèbre modernes ; par G. Salmon, professeur à l'Université de Dublin. Ouvrage traduit de l'anglais par MM. H. Resal et V. Vaucheret. 2^e *édition* française, publiée d'après la 6^e édition anglaise par M. V. Vaucheret, lieutenant-colonel d'artillerie, professeur à l'École supérieure de guerre. 1^er fascicule. In-8°, p. 1 à 120. Paris, Gauthier-Villars. (13388)

**Simart** (G.). — Commentaire sur deux mémoires de Riemann relatifs à la théorie générale des fonctions et au principe de Dirichlet; par M. Georges Simart, docteur ès sciences mathématiques. In-4°, 129 p. avec 47 fig. Paris, Gauthier-Villars. (7809)

**Sparre** (de). — Sur le mouvement du pendule conique à la surface de la terre ; par M. le comte de Sparre, docteur ès sciences mathématiques. In-4°, 79 p. Paris, Gauthier-Villars. (7811)

### 2° *Physique et Chimie.*

**Avantages** de l'emploi du gaz à l'éclairage, au chauffage domestique et industriel, ainsi qu'à la production de la force motrice. Chauffage au coke. In-12, 23 p. Paris. (9553)

**Baille** (J.). — L'Électricité : par J. Baille. 5^e *édition*, In-18 jésus, xxxii-319 pages avec 72 vign. Paris, Hachette et C^e. 2^f,25. (9322)

**Barthe de Sandfort** (E.). — De la désinfection du navire (le Ma-

rais nautique); par E. Barthe de Sandfort, médecin de deuxième classe de la marine, docteur en médecine. In-4°, 120 p. Montpellier. (10029)

BOISTEL (E.). — De la télégraphie sous-marine, communication de M. Ernest Boistel, ingénieur civil, à la séance du 20 octobre 1881 de la réunion internationale des électriciens. In-8°, 27 p. Paris. (8032)

BROCARD (H.). — Le Service météorologique du gouvernement général de l'Algérie : par M. H. Brocard, capitaine du génie, chargé du service météorologique de l'Algérie. In-8°, 20 p. Paris. (7577)

BUFFON (H.). — Secrets de la nature; extrait de Buffon, par E. de Corgnac. In-12, 108 pages et grav. Limoges. (10052)

BURCKER (E.). — Synthèse d'acides, d'acétones, d'aldéhydes et de glycols dans la série aromatiqne; par M. E. Burcker, docteur ès sciences physiques. In-4°, 51 p. Paris, Gauthier-Villars. (7580)

CAILHO (M.) et F de NERVILLE. — Expériences sur la charge et la décharge d'un condensateur à travers une résistance quelconque: par M. Cailho et F. de Nerville, élèves ingénieurs des télégraphes. In-8°, 19 p. avec 3 fig. Paris, Dunod. (8039)

CARLIER (H.). — Observations météorologiques faites à Saint-Martin-de-Hinx (Landes) du 1er décembre 1864 au 30 novembre 1880. In-8°, 10 p. Paris. (7403)

CHABRAND (E.). — Étude sur la voie métallique ; par E. Chabrand, ingénieur des arts et manufactures. In-8°, 29 pages et planche. Saint Germain. (10356)

CHAPPUIS (J.). — Étude spectroscopique sur l'ozone; par M. J. Chappuis, docteur ès sciences physiques. In-4°, 55 p. Paris, Gauthier-Villars. (7590)

CHAPUIS (A.). — Précis de toxicologie; par le docteur A. Chapuis, agrégé de chimie à la Faculté de médecine de Lyon. In-18 jésus, VIII-736 p. avec 43 fig. Lyon, impr. Pitrat aîné; Paris, J.-B. Baillière et fils. (6991)

DEBRAY (H.) et A. JOLY. — Cours de chimie; par MM. H. Debray, de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, et A. Joly, professeur au lycée Henri IV. 4e *édition*, revue et augmentée, avec de nombreuses figures. T. 1. Métalloïdes. Fascicule 1. In-8°, p. 1 à 304 et 2 planches. Paris, Dunod. (12785)

DENZA (F.). — Variation de la déclinaison magnétique, déduite des observations régulières faites à Moncalieri (Italie); par le P. F. Denza, directeur de l'Observatoire de Moncalieri. In-8°, 18 p. Paris. (7622)

DESTREM (A.). — Des alcoolates et de leur décomposition par la

chaleur; par M. A. Destrem, docteur ès sciences physiques. In-4°, 76 p. Paris, Gauthier-Villars. (7626)

DITTE (A.). — Premières notions de chimie, comprenant les matières enseignées dans la classe de sixième (programme du 2 août 1880) : par Alfred Ditte, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Caen. In-18 jésus, 116 pages avec 34 fig. Paris, Dunod. (7019)

DUCHAUSSOY (H.). — La Météorologie à Bourges d'après quinze ans d'observations (1867-1881) ; par H. Duchaussoy, agrégé de l'enseignement spécial. Petit in-16, v-88 p. Bourges. (10397)

DU MONCEL (T.). — Actualités scientifiques. Détermination des éléments de construction des électro-aimants; par M. Th. Du Moncel, de l'Institut. 2ᵉ *édition*. In-18 jésus, 104 p. Paris, Gauthier-Villars. 2 fr. (8435)

DU MONCEL (T.). — Le Microphone, le Radiophone et le Phonographe; par le comte Th. Du Moncel, de l'Institut. In-18 jésus, 308 p. avec 119 fig. Paris, Hachette et Cⁱᵉ. 2ᶠ,25. (7027)

DUPLAIS (P.). — Traité de la fabrication des liqueurs et de la distillation des alcools, etc., suivi du traité de la fabrication des eaux et boissons gazeuses et de la description complète des opérations nécessaires pour la distillation des alcools; par P. Duplais aîné. 4ᵉ *édition*, revue et augmentée par Duplais jeune, distillateur et liquoriste. 2ᵉ *tirage*. 2 vol. In-8°. T. 1, XIV-556 pages et 6 pl.; t. 2 x-580 p. et 9 pl. Paris, Gauthier-Villars. 16 fr. (7636)

DUPONT. — Scheele et la Chimie au XVIIIᵉ siècle, discours prononcé, le 24 novembre 1881, à la rentrée de l'École de médecine de Tours; par M. Dupont, professeur de pharmacie et de matière médicale à l'École de médecine. In-8°, 30 p. Tours. (8437)

Exposition internationale d'électricité de 1881, à Paris. Réunion internationale des électriciens. Comptes rendus sténographiques des séances tenues dans la salle du congrès au Palais de l'Industrie, du 12 au 20 octobre 1881, publiés sous les auspices du bureau de la réunion et la direction de M. Armengaud jeune, son président, avec le concours de M. Maurice Leblanc, l'un des secrétaires. In-8°, 339 p. Paris. (6809)

GALIPPE. — Note sur la présence du cuivre dans l'extrait de quinquina; par le docteur Galippe. In-8°, 8 p. Paris. (7659)

GARIEL (C. M.). — Traité pratique d'électricité comprenant les applications aux sciences et à l'industrie, et notamment à la physiologie, à la médecine, à la télégraphie, à l'éclairage électrique, à la galvanoplastie, à la météorologie, etc.; par C. M. Gariel, professeur de physique et de chimie à l'école nationale des

ponts et chaussées. 1er fascicule. In-8°, VIII p. et p. 1 à 203 avec fig. Paris, Doin. 6 fr. (7909)

GAY (F.). — Notice sur la fabrication de la glace par le vide; par F. Gay, ingénieur civil. In-8°, 16 p. et pl. Bordeaux. (7437)

GRAHAM (C.). — La Chimie de la pacification; par le professeur C. Graham. Traduit de l'anglais. In-18 jésus. Paris, Doin. 2 fr. (7672)

HÉBERT (F.-F.). — Études sur les lois des grands mouvements de l'atmosphère et sur la formation et la translation des tourbillons aériens; par F.-F. Hébert, professeur de physique au lycée de Rennes, docteur ès sciences physiques. In-8°, 95 pages et 6 pl. coloriées. Versailles. (9910)

JOANNIS (A.). — Recherches thermiques sur les combinaisons de cyanogène avec les métaux; par M. A. Joannis, docteur ès sciences physiques. In-4°, 69 p. Paris, Gauthier-Villars. (7695)

LEIDIÉ (E.). — Recherches mathématiques et expérimentales sur les courbes de solubilité des différentes variétés d'acide tartrique; par Emile Leidié, pharmacien en chef de l'hôpital Necker. In-8°, 40 p. Paris. (9428)

MOISSAN (H.). — Série de cyanogène; par H. Moissan, docteur ès sciences physiques. In-8°, 323 pages. Paris. (12335)

MORISOT (J.). — Étude sur la variation des températures de deux corps en présence; par M. J. Morisot, docteur ès sciences physiques. In-4°, 100 p. Paris, Gauthier-Villars. (8315)

NANSOUTY (M. de), R. ANDRA, A. FICHET et A. ANGOT. — Revue de l'Exposition internationale d'électricité; Exposition des ministères de la guerre et de la marine (groupe IV, classe 6): par Max de Nansouty et R. Andra. Les Téléphones (groupe IV, classe 7); par A. Fichet. Les enregistreurs météorologiques (groupe IV, classe 6); par A. Angot. In-8°, 39 p. Paris. (6876)

Notice sur l'électromètre de M. Mascart. In-8°, 24 p. avec 12 fig. Paris, Gauthier-Villars. (7753)

ŒCHSNER DE CONINCK. — Recherches sur les bases de la série pyridique et de la série quinoléique; par M. Œchsner de Coninck, docteur ès sciences physiques, préparateur à la Faculté des sciences de Paris. In-4°, 105 p. Paris, Gauthier-Villars. (8326)

Ozone (l'), ce qu'il est, ses propriétés physiques et chimiques, son existence et son rôle dans la nature; Analyse des recherches et des travaux dont il a été l'objet. In-18, jésus, XII-211 p. avec fig. et 1 pl. Paris, Gauthier-Villars. (9473)

PRÉVOST (H.). — Rapport sur la fabrication et le commerce des sucres dans l'Europe centrale, présenté à la Chambre de com-

merce de Paris par M. H. Prévost, élève du troisième comptoir, promotion 1881. In-8°, 70 p. avec tableaux. Paris, à l'École supérieure du commerce. (10240)

**Rivière** (A. et C.). — Traité de manipulations de chimie à l'usage des établissements d'instruction secondaire, des écoles professionnelles et des facultés; par A. Rivière, professeur honoraire au lycée Corneille, et Charles Rivière, agrégé, préparateur à l'École normale supérieure. T. 1. 1er fascicule. In-12, 288 pages avec 299 fig. Paris, Dunod. (11032)

**Rousseau** (G.). — Sur un nouveau glycol aromatique; par M. Gustave Rousseau, docteur ès sciences physiques. In-4°, 57 p. Paris, Gauthier-Villars. (8165)

**Saint-Edme** (E.). — Premiers éléments de physique industrielle, à l'usage des écoles supérieures municipales, des écoles supérieures de commerce et des établissements d'enseignement secondaire spécial; par Ernest Saint-Edme, professeur de sciences physiques aux écoles supérieures municipales de Paris et à l'École supérieure de commerce. 3e *édition*, revue et augmentée. In-18, jésus, 372 pages avec figures. Paris, Delagrave. (10255)

**Schutzenberger.** — Les procédés chimiques de blanchiment, de teinture, d'impression, d'apprêts, à l'Exposition universelle internationale de 1878 à Paris; par M. Schutzenberger, professeur de chimie minérale au Collège de France. In-8°, 92 pages. Paris, Impr. Nationale. (6915)

**Siemens** (C. W.). — Nouvelle théorie du soleil: Conservation de l'énergie solaire; par le docteur C.-W. Siemens, D. C. L., F. R. S. Traduit, avec l'autorisation de l'auteur, par M. Gustave Richard, ingénieur civil des mines. Suivi d'une note sur la reconcentration de l'énergie de l'univers, par le professeur W.-J. Macquorn-Rankine. In-18 jésus, 51 p. Paris, Gauthier-Villars. 1 fr. (7993)

**Trutat** (E.). — Traité élémentaire du microscope; par Eugène Trutat, conservateur du Musée d'histoire naturelle de Toulouse. Première partie: Le Microscope et son emploi. In-8° carré, XVI-322 p. avec 171 fig. et 1 planche. Paris, Gauthier-Villars. (10550)

### 3° *Géologie, minéralogie, métallurgie.*

**Charousset** et **Bague.** — Application de l'électricité comme transmission de force aux mines de la Péronnière, au congrès d'Alais; par MM. Charousset et Bague, ingénieurs aux mines de la Péronnière. In-8°, 88 p. et 3 planches. Saint-Etienne. (10643)

CHÈVREMONT (A.). — Les Mouvements du sol sur les côtes occidentales de la France et particulièrement dans le golfe normando-breton. Grand in-8°, 487 p. et 14 planches coloriées. Paris, Leroux. 15 fr. (9081)

COLLET (P.). — Géologie de l'arrondissement de Sainte-Menehould; par Pierre Collet, de la Société géologique de France. In-8°, 330 p. Reims. (6790)

CORNUT (E.). — Études sur les pouvoirs calorifiques des houilles; par E. Cornut, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. In-8°, 28 p. et 6 tableaux. Paris. (10895)

DIAVET. — Coup d'œil général sur la géologie: Excursion de la Société linnéenne à Échauffour (Orne) et à Champ-Haut; par M. l'abbé Diavet, de plusieurs sociétés savantes. In-8°, 27 p. Caen. (10912)

FLICHE et BLEICHER. — Etude sur la flore de l'oolithe inférieure aux environs de Nancy; par M. Fliche, professeur à l'École forestière, et M. Bleicher, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy. In-8°, 49 p. et planche. Nancy, Berger-Levrault et Cᵉ. (10125)

FOUQUÉ (F.) et M. LÉVY. — Synthèse des minéraux et des roches; par J. Fouqué, de l'Institut, professeur au collège de France, et Michel Lévy, ingénieur des mines, attaché au service de la carte géologique de la France. In-8°, IV-427 p. et planche en photochromie. Paris, G. Masson. (8816)

LABAT. — Étude sur Ischl et le Salzkammergut; par le docteur Labat, de la Société d'hydrologie de Paris et de Madrid, de la Société de géologie. In-8°, 23 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. (7706)

LAPPARENT (A. de). — Traité de géologie; par A. de Lapparent, ancien ingénieur au corps des mines, professeur. In-8°, XVI-1280 p. avec 610 fig. Paris, Savy. 24 fr. (13122)

LAUR (F.). — Géologie et hydrologie de la plaine du Forez, étude par les sondages; par Francis Laur, ingénieur civil des mines. Livraison 1 à 3. In-8°, XXIII p. et p. 1 à 199 et planches. Saint-Étienne. Chaque livraison 2f,50. (12879)

LOCARD (A.). — Prodrome de malacologie française, catalogue général des mollusques vivants de France (mollusques terrestres, des eaux douces et des eaux saumâtres); par Arnould Locard. Grand in-8°, VI-466 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. (8122)

MALLARD et LE CHATELIER. — Du rôle des poussières de houille dans les accidents de mines; par MM. Mallard, ingénieur en

chef, et Le Châtelier, ingénieur des mines. In-8°, 98 p. Paris, Dunod. (Extrait des *Annales des mines.*) (7726)

Notice accompagnant la carte industrielle du bassin houiller du Gard. (Congrès d'Alais, 1882). In-8°, 2 p. avec carte et tableau. Alais. (12624)

VÉLAIN (C.). — Cours élémentaire de géologie stratigraphique; par Ch. Vélain, docteur ès sciences, maître de conférences de géologie à la faculté des sciences de Paris. A l'usage de la classe de quatrième. (Programmes officiels.) In-18 jésus, 316 p. avec 324 fig. et carte géologique de la France imprimée en couleur. Paris, Savy. 3f,75. (10556)

VUILLEMIN (E.). — Le Bassin houiller du Pas-de-Calais, histoire de la recherche, de la découverte et de l'exploitation de la houille dans ce nouveau bassin; par E. Vuillemin, ingénieur administrateur de la compagnie des mines d'Aniche. T. II. In-8°, 410 p. et 21 planches. Lille. (9521)

WOHLGEMUTH (J.). — Notes de géologie et de cristallographie; par M. J. Wohlgemuth, préparateur à la faculté des sciences de Nancy. In-8°, 59 p. avec fig. Nancy. (8383)

*4° Mécanique. — Exploitation des mines. — Droit des mines.*

BERRY (A. J. M.). — Compas de hune à transmission électrique du cap au navire; par M. A. J. M. Berry, lieutenant de vaisseau. In-8°, 14 p. avec fig. Paris, Berger-Levrault et Cie. (7218)

BOUQUET DE LA GRYE. — Dynamique de la mer; Port de la Rochelle; par M. Bouquet de la Grye, ingénieur hydrographe de la marine. In-8°, 24 p. Paris. (10046)

BOUR (L.). — Note sur l'explosion d'une chaudière à vapeur dans la tannerie de M. Chopin, à Digoin (Saône-et-Loire); par M. L. Bour, ingénieur de l'Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur. In-8°, 7 p. et 2 pl. Lyon. (7568)

Catalogue des collections du Conservatoire national des arts et métiers, publié avec l'autorisation de M. le ministre du commerce, par le directeur de l'établissement. 7e *édition*. In-18 jésus, LXXXIV-513 p. et plans. Paris, Dunod. 1f,75. (9340)

DUGUET (C.). — Déformation des corps solides; Limite d'élasticité et résistance à la rupture; par Ch. Duguet, capitaine d'artillerie. Première partie : Statique spéciale. In-8°, XVIII-213 p. avec 103 fig. Paris, Gauthier-Villars. 6 fr. (8072)

HARDOUIN (F.). — Ouvrage sur la meunerie. L'Art de moudre; Renseignements; Indications utiles; par Félix Hardouin. 2e *édi-*

*tion*, revue et augmentée. In-8°, VIII-157 p. Paris, Michelet. 3f,50. (9658)

HERRMANN (G.). — Statique graphique des mécanismes pour la détermination du rendement des machines et des efforts subis par leurs organes; par Gustave Herrmann, professeur à l'École polytechnique d'Aix-la-Chapelle. Traduction française par MM. W. Schmitz et P. Castin, ingénieurs civils. In-4°, 84 p. et 8 pl. Paris, Bernard et Cᵉ. (10714)

LEDIEU (A.). — Les Nouvelles machines marines, supplément au Traité des appareils à vapeur de navigation mis en harmonie avec la théorie mécanique de la chaleur; par A. Ledieu, examinateur de la marine. Ouvrage rédigé, pour l'Introduction, avec la collaboration de M. Bertin, ingénieur de la marine, et pour la partie technique, avec le concours de MM. Hubac et Gilbert, professeurs aux écoles navales et de mécaniciens. T. I (complet). In-8°, p. 347 à 745. Paris, Dunod. (7713)

RESAL (A.). — Traité de mécanique générale, comprenant les leçons professées à l'École polytechnique et à l'École nationale des mines, par H. Resal, de l'Institut. T. VI : Voûtes; Ponts en charpente; Constructions métalliques; Navigation intérieure; Travaux maritimes. In-8°, XVIII-506 p. avec 827 fig. et 5 pl. Paris, Gauthier-Villars. 15 fr. (7794)

UNWIN (W. C.). — Éléments de construction de machines, ou Introduction aux principes qui régissent les dispositions et les proportions des organes des machines, contenant une collection de formules pour la construction des machines; par M. W. Cauthorne Unwin, professeur de mécanique au collège royal indien des ingénieurs civils. Traduit de l'anglais sur la 2ᵉ *édition*, avec l'approbation de l'auteur, par M. J. A. Bocquet, chef des travaux à l'école municipale d'apprentis de la Villette (Paris), et augmenté d'un appendice par M. H. Léauté, docteur es sciences mathématiques, répétiteur à l'École polytechnique. In-18 jésus, XII-456 p. avec 257 fig. Paris, Gauthier-Villars. 7 fr. (7533)

### 5° *Constructions. — Chemins de fer.*

AURIAC (A. d'). — Le Wagon-télégraphe; Notice sur son système d'appareil électrique, permettant aux trains en marche de communiquer entre eux et avec les stations à leur gré et d'une manière constante, etc., par Augustin d'Auriac. In-12, 8 p. Aurillac. (8018)

AUSSIGNY (L. d'). — Notice sur les chemins de fer à voie étroite

dans le département de l'Indre; par Lionel d'Aussigny. In-8°, 19 p. et carte. Issoudun. (10588)

BAUCHAL (C.). — Le Louvre et les Tuileries, précis historique et critique de la construction de ces palais jusqu'au commencement du XIX[e] siècle, suivi de notices sur les premiers architectes qui ont participé à leur élévation; par Ch. Bauchal, chef de bureau en retraite. In-18 jésus, 83 p. Paris, V[e] Morel et C[e]. (8024)

BORDES-PAGÈS. — Chemin de fer transpyrénéen par le Salat-Noguéra; comparaison avec le tracé par Luchon; par le docteur Bordes-Pagès. In-12, 15 p. Foix. (8033)

Chemin de fer à voie étroite sur la route de Toulon à Hyères; Lettres d'un Hyérois à ses concitoyens. In-12, 19 p. Marseille. 0[f],50. (10645)

Economie (l') politique des chemins de fer, à propos des idées de rachat; par un économiste. In-18 jésus, IV-104 p. Paris. 1 fr. (6806)

GUICHARD (E.). — La Grammaire de la couleur. Sept cent soixante-cinq planches coloriées reproduisant les principales nuances obtenues par le mélange des couleurs franches entre elles en y comprenant les nuances remontées ou rabattues à l'aide du noir et du blanc. Texte explicatif en français, allemand et composition de chacune des nuances reproduites; par E. Guichard, architecte-décorateur, ancien président fondateur de l'Union centrale des beaux-arts appliqués à l'industrie. 3 vol. In-8° oblong. T. I, 58 p. et 243 pl. en couleur; t. II, 60 p. et 260 pl.; t. III, 62 p. et 263 pl. en couleur. Paris, Cagnon. (8398)

LAVOINNE (E.) et E. PONTZEN. — Les Chemins de fer en Amérique; par E. Lavoinne, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et E. Pontzen, ingénieur. T. II: Exploitation, chemins de fer à voie étroite et tramways. Texte et atlas. In-8°, 665 p. et atlas in-4° oblong de 38 pl. Paris, Dunod. (13124)

LENTHÉRIC et DEMAY. — Canal de navigation du Rhône au port de Cette; Projet de M. l'ingénieur en chef Lenthéric, suivi d'une proposition de variantes au projet, par M. Demay. In-4°, 23 p. et carte. Cette. (8760)

MALO (L.). — Les Chemins de fer économiques dans l'Ain; par Léon Malo. In-8°, 12 p. Lyon. (12901)

MICHEL (G.). — Les Chemins de fer de l'État belge devant le parlement, discussion du budget des travaux publics pendant la session de 1882; par Georges Michel, rédacteur du *Parlement*. In-8°, XIII-143 p. Paris, Dentu. (7939)

Notice sur le chemin de fer des Pyrénées centrales par la vallée d'Aspe et Caufranc. In-8°, 18 p. Oloron. (8553)

RATULD (de). — Note sur l'éclairage au gaz des voitures de chemins de fer; par M. de Ratuld, ingénieur civil, inspecteur des services de l'éclairage et du chauffage au chemin de fer du Nord. In-4°, 30 p. Paris, Dunod. (7507)

ROY (E.). — Création d'un port de mer à Paris, discussion du projet présenté par M. Bouquet de la Grye à la Société des ingénieurs civils, le 14 mai 1882; par M. Edmond Roy. In-8°, 15 p. Paris. (8825)

SALIN (H.). — Manuel pratique des poseurs de voies de chemins de fer; par Henri Salin, ingénieur de la voie au chemin de fer d'Orléans. *Nouvelle édition*. In-18 jésus, XII-214 p. avec 70 fig. et planche. Paris, Dunod. (7522)

SUFFIT (J.). — Ventilation par refroidissement, étude sur la ventilation des salles d'école, des casernes, des hôpitaux, des logements d'animaux dans les fermes, et des wagons, avec 50 croquis dans le texte; par J. Suffit, de la Société centrale des architectes, expert près le tribunal de commerce de la Seine. In-8°, IV-136 p. Paris, A. Lévy. 6 fr. (7531)

TRUDELLE. — Navigation des bâtiments à vapeur entre la Manche et les États-Unis; par M. Trudelle, lieutenant de vaisseau en retraite. In-8°, 51 p. Fontainebleau. 3 fr. (10278)

VIAL (P.). — Les Progrès de la marine à vapeur et l'Amélioration de nos ports; par P. Vial, capitaine de frégate en retraite. In-8°, 15 p. et carte. Paris, Berger-Levrault et C°. (8380)

### 6° *Sujets divers.*

Assainissement de Paris. Les Odeurs de Paris et les Systèmes de vidanges. (Tout à l'égout, canalisation spéciale.) In-8°, 92 p. Société française d'hygiène. (9319)

BAUDRILLART (H.). — Histoire du luxe privé et public depuis l'antiquité jusqu'à nos jours; par H. Baudrillart de l'Institut. T. 4 et dernier: le Luxe dans les temps modernes. 2° *édition*. In-8°, 744 pages. Paris, Hachette et C°. 7f,50. (7557)

BENDER et PULLIAT. — Le Congrès de Bordeaux: les Vignobles de l'Hérault et de la Gironde; par M. Bender, président de la Société régionale de viticulture de Lyon, et M. Pulliat, secrétaire général de la même Société, délégués au congrès de Bordeaux. In-8°, 40 p. Lyon. (7560)

BOUQUET DE LA GRYE. — La Mer à Paris; par M. Bouquet de la Grye, ingénieur hydrographe de la marine. In-8°, 15 p. Paris. (7228)

BULARD. — Météorologie; sécheresse et inondations; Avant de reboiser, protégeons nos forêts contre les incendies; par Bulard, fondateur et directeur de 1858 à 1881, de l'observatoire d'Alger. In-8°, 27 p. Alger. (9831)

CAT (E.). — Les Grandes découvertes maritimes du XIII$^e$ au XVI$^e$ siècle; par Edouard Cat, professeur agrégé d'histoire. In-18 jésus, 304 p. Paris, Degorce-Cadot. 2$^f$,50. (9070)

COSSON (E.). — Sur le projet de création en Algérie et en Tunisie d'une mer intérieure; par M. E. Cosson, de l'Institut (Académie des sciences). In-4°, 52 p. et carte. Paris, Gauthier-Villars. (7613)

DUHAMEL (J. M. C.). — Des méthodes dans les sciences de raisonnement; par J. M. C. Duhamel, de l'Institut (Académie des sciences). Troisième partie. 2$^e$ *édition*. In-8°, x-445 pages avec 66 fig. Paris, Gauthier-Villars. 7$^f$,50. (7633)

État de la question des eaux d'égout en France et à l'étranger. 1° Rapport à la section du génie rural de la Société des agriculteurs de France; par M. A. Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées; 2° Extrait des procès-verbaux de la Section d'horticulture. In-8°, 8 p. Paris. 0$^f$,30. (9369)

GATELLIER (E.). — Etude sur la fumure rationnelle et économique à employer pour la production du blé: par Émile Gatelier, vice-président de la Société d'agriculture de Meaux. In-18, 20 p. Paris, librairie agricole de la Maison rustique. (7662)

JUGE (F. G.). — La Vie continuée dans l'individu comme dans l'espèce; par François-Gabriel Juge. In-32, 7 p. Paris, Alcan-Lévy. (7464)

MILNE EDWARDS (A.). — Rapport sur les travaux de la commission chargée par M. le ministre de l'instruction publique d'étudier la faune sous-marine dans les grandes profondeurs de la Méditerranée et de l'Océan atlantique; par M. Alphonse Milne Edwards, de l'Institut. In-8°, 63 p. et 2 cartes. Paris, imp. nationale. (8536)

NIBAUT (E.). — Guyane francaise, étude sur son administration et ses richesses aurifères; par M. Ernest Nibaud, ingénieur. In-18, 101 p. Paris. 1$^f$,25. (13142)

RIVIÈRE (G.). — Résumé des conférences sur les engrais chimiques faites à l'hôtel de ville de Craon et sur le domaine de M. Daudier, président du comice; par G. Rivière, professeur départemental d'agriculture, directeur de la station agronomique de la Mayenne. In-8°, 71 p. Laval. (10250)

ROMMIER (A.). — Le Phylloxéra : Traitements insecticides et principes fertilisants; par A. Rommier, ancien délégué de l'Académie des sciences. In-8°, 30 p. Paris, lib. agricole de la Maison rustique. 50 cent. (22 juillet.) (8165)

RONDOT (N.). — Le Commerce, l'Industrie et le Prix des matières textiles, des fils et des tissus dans l'année 1881 : rapport fait au nom de la quatrième section de la commission permanente des valeurs; par M. Natalis Rondot, président de la section. In-8°, 28 p. Paris, Impr. nationale. (8164)

Route des bâtiments à vapeur dans l'Océan indien, d'Aden au détroit de la Sonde et retour. In-4°, 14 pages et 4 cartes. Paris, Challamel aîné. (7801)

SAVIGNON (F. de). — Excursion des élèves de l'Institut national agronomique en Normandie et sur les confins de la Bretagne; par F. de Savignon, chef des travaux d'agriculture à l'Institut national agronomique. Grand in-8° à 2 colonnes, 40 pages Paris, lib. agricole de la Maison rustique. (9749)

---

## OUVRAGES ANGLAIS.

*Memoirs of the Geological Survey. The Vertebrata...* Les vertébrés de la série du *Forest bed* du Norfolk et du Suffolk, par E. T. Newton. In-8°, av. 19 pl. 9f,40.

*Explanatory memoir...* Mémoire explicatif pour accompagner la feuille 19 de la carte géologique de l'Irlande, par F. W. Egan. In-8°. 0f,65.

*Mineral statistics...* Statistique de l'industrie minérale du Royaume-Uni pour 1881, avec un appendice par Robert Hunt. In-8°. 2f,50.

*Challenger Report...* Rapport sur les résultats scientifiques du voyage du *Challenger* pendant les années 1873-76. Vol. 2. Observations magnétiques et météorologiques. In-4°. 31f,25. — Vol. 2, appendice A. Rapport sur les erreurs dues à la pression dans les thermomètres du *Challenger*. In-4°. 3f,15. — Vol. 2, appendice B. Rapport sur la pétrologie des roches de Saint-Paul. In-4°. 3f,15.

*Parliamentary. Boiler explosion...* Explosion de chaudière à Radcliffe; rapport. 1f,40.

—— *Boiler explosion...* Explosion de chaudière à Burnbank; rapport. 1f,25.

—— *Mines Inspector's...* Rapport des inspecteurs des mines pou 1881. 20 fr.

—— *Explosion at West Stanley...* Explosion à la houillère de West-Stanley; rapport. 2f,70.

—— —— *at Whitehaven...* Explosion à la houillère de Whitehaven; rapport. 1f,05.

—— —— *at Trimdon Grange...* Explosion à la houillère de Trimdon-Grange; rapport. 4f,40.

—— —— *at Tudhoe...* Explosion à la houillère de Tudhoe; rapport. 1f,90.

—— *Railway accidents...* Accidents de chemins de fer. Rapport pour 1881. 0f,65.

—— —— *Returns...* Chemins de fer. Rapports pour 1881. 1f,50.

—— —— *Accidents...* Accidents de chemins de fer; rapports des inspecteurs pour les mois de janvier à mars. 5f,95.

—— —— *Brakes...* Chemins de fer. Rapports sur les freins pour le 1er trimestre 1882. 1f,30.

—— —— *Rates...* Tarifs des chemins de fer. Rapports et dépositions. 6f,40.

—— —— *General report...* Chemins de fer. Rapport général pour 1881. 0f,35.

—— *East India...* Chemins de fer des Indes orientales; rapport. 1f,70.

JAGO. — *Inorganic...* Chimie inorganique, théorique et pratique. 3e édition, revue et augmentée. In-8°, 270 p. 2f,50.

STALLO. *The concepts...* Idées et théories de la physique moderne. In-8°, 314 p. 6f,25.

TYNDALL. *Six lectures...* Six leçons sur la lumière, faites aux États-Unis en 1872-73. 3e édition. In-8°, 272 p. 11f,40.

NICHOLSON. *Synopsis...* Synopsis de la classification du règne animal. In-8°, 130 p. 7f,50

DAWSON. *The story...* Histoire de la terre et de l'homme. 7e édition, avec corrections et additions. In-8°, 422 p. 11f,40.

*The geological record...* Revue géologique pour 1878; compte rendu des travaux de géologie, minéralogie et paléontologie publiés dans l'année; avec suppléments pour 1874-1877; par *W. Whitaker* et *W. H. Dalton*. In-8°, 526 p. 20 fr.

GREEN. *Geology...* Géologie; part. I : géologie physique. 3e édition, augmentée. In-8°, VIII-728 p. 26f,25.

BURGH. *The slide-valve...* Le tiroir de distribution considéré pratiquement. 10e édition. In-8°, 142 p. 6f,25.

URQUHART. *Electro-motors...* Electromoteurs; traité des moyens

et appareils employés pour la transformation de l'énergie électrique en force motrice. Manchester. In-8°, 188 p. 11f,40.

GEIKIE. *Text-book...* Traité de géologie. In-8°, 980 p. 35 fr.

BAUERMAN. *A treatise...* Traité de la métallurgie du fer. 5e édition revue et augmentée. In-12, 522 p. 6f,25.

BOTTOMLEY. *Dynamics...* Dynamique, ou mécanique théorique. In-12, 134 p. 3f,75.

—— *Hydrostatics...* Hydrostatique, ou mécanique théorique part. 2. In-12, 130 p. 1f,90.

BLOXAM. *Metals...* Les métaux, leurs propriétés et leur traitement. Nouvelle édition, partiellement refondue et augmentée par *A. K. Huntingdon*. In-12, 452 p. 6f,25.

RICHTER. *Chemical constitution...* Constitution chimique des acides, des bases et des sels inorganiques, envisagée et interprétée au point de vue de la théorie du typo-nucléus. Edimbourg. In-8°, 52 p. 4f,40.

WILSON. *Inorganic...* Chimie inorganique ; revue et augmentée par *H. G. Madan*. In-8°, 530 p. 5 fr.

BESANT. *A treatise...* Traité d'hydromécanique. Part. I : hydrostatique. 4e édition. In-8°, 218 p. 6f,25.

LOCK. *Gold...* L'or, ses gisements et son extraction. In-8°, 1.240 p., av. 2 cartes et 185 figures. 65f,65.

RONTH. *The elementary part...* Partie élémentaire d'un traité de la dynamique d'un système de corps rigides (1re partie du traité complet sur la matière). 4e édition, revue et augmentée. In-8°, 398 p. 17f,50.

DEWAR. *A new theory...* Nouvelle théorie de la nature. In-8°, 94 p. 6f,25.

JAMES. *Notes on the detection...* Notes sur la recherche des acides inorganiques et organiques qui se rencontrent habituellement dans les analyses. In-8°, 20 p. 1f,25.

MINCHIN. *Uniplanar kinematics...* Cinématique uniplanaire des solides et des fluides, avec applications à la distribution et à l'écoulement de l'électricité. In-8°, 252 p. 11f,40.

---

## OUVRAGES AMÉRICAINS.

EDWARDS. *The practical steam...* Guide pratique de l'ingénieur de machines à vapeur. Philadelphie. In-12, 420 p. 15f,65.

SWANK. *Statistics*... Statistique du commerce du fer en Amérique et à l'étranger en 1881. Philadelphie. In-8°, 99 p. 13f,15.

ROBINSON. *Railroad economics*... Économie des chemins de fer, ou notes et réflexions sur un voyage sur les chemins de fer de l'Ohio. New-York. In-32, 131 p. 3f,15.

—— *Strength*... Résistance des pièces de ponts en fer. New-York. In-32, 175 p. 3f,15.

POOR. *Manual*... Manuel des chemins de fer des États-Unis pour 1882. 15e année. New-York. In-8°, 1.000 p. 31f,25.

CLARKE. *The constants*.. Les constantes de la nature. Partie 5 : nouvelle détermination des poids atomiques. Washington. In-8°, XIV-279 p. 13f,25.

SMITH. *Rocks*... Roches, minéraux et matériaux. Chicago. In-12, 250 p. 11f,40.

DRINKER. *Tunnelling*... Composés explosifs et perforatrices employés pour le percement des galeries. 2e édition, revue et augmentée. New-York. In-4°, 1.200 p. 131f,25.

---

## OUVRAGES ALLEMANDS.

COHEN. *Sammluug*... Collection de photographies microscopiques montrant la structure des minéraux et des roches, exécutées par J. Grimm, à Offenburg. Stuttgart. 6e et 7e livraisons. In-4°, 16 pl. 40 fr.

*Neues Handwörterbuch der Chemie*... Nouveau dictionnaire de chimie, composé et rédigé par H. v. Fehling, avec le concours de Baumann, Bunsen, Classen, etc. Brunswick. In-8°. 41e livraison (t. IV, p. 49-144). 3 fr.

KÖLLNER. *Die geologische*... Histoire géologique du développement des mammifères. Vienne. In-8°, VIII-98 p. 3f,40.

NAUMANN. *Lehr- und Handbuch*... Traité et manuel de thermochimie. Brunswick. In-8°, XI-606 p. 18f,75.

PASCH. *Vorlesungen*... Leçons sur la nouvelle géométrie. Leipzig. In-8°, VI-202 p. 5 fr.

QUENSTEDT. *Petrefactenkunde*...Paléontologie de l'Allemagne. Leipzig. In-8°. 1re partie, t. VII, fasc. 2. Gastéropodes. p. 193-320, av. un atlas de 6 pl. 20 fr.

SCHÖTTLER. *Die Gasmaschine*. La machine à gaz. Brunswick. In-8°, IV-116 p., av. 14 pl. 8f,25.

HELLER. *Geschichte*... Histoire de la physique depuis Aristote jus-

qu'à nos jours. Stuttgart. In-8°. T. I. D'Aristote à Galilée. XII-411 p. 11f,25.

HOHMANN. *Beschreibung*... Description, théorie et emploi du planimètre polaire de précision. Carlsruhe. In-8°, 46 p., av. 1 pl. 2f,50.

KRAZER. *Theorie*... Théorie des séries θ doublement infinies, fondée sur la formule θ de Riemann. Leipzig. In-4°, VI-66 p. 4f,50.

*Palæontographica. Beiträge*... Contributions à l'histoire naturelle des temps primitifs. Publié par *W. Dunker* et *K. A. Zittel*. Cassel. In-4°. T. XXIX (3e série, t. V), livr. 1 et 2, p. 1-124, av. 14 pl. 55 fr.

PRYM. *Untersuchungen*... Recherches sur la formule θ de Riemann et la théorie des caractéristiques de Riemann. Leipzig. In-4°, VIII-111 p. 7f,50.

REIDT. *Die trigonometrische Analysis*... Analyse trigonométrique de problèmes de construction planimétriques. Leipzig. In-8°, VII-50 p. 1f,50.

REIFF. *Ueber die Principien*... Sur les principes de l'hydrodynamique nouvelle. Fribourg-en-Brisgau. In-8°, 43 p. 1f,50.

RETHWISCH. *Der Irrthum*... Erreur de l'hypothèse de la gravitation. Fribourg en Brisgau. In-8°, V-80 p. 2f,50.

STAUB. *Mediterrane Pflanzen*... Plantes méditerranéennes du comitat de Baranya. Bude-Pesth. In-8°, 23 p. av. 4 pl. 3 fr. (Extr. des *Mittheil. aus der k. ung. geol. Anstalt.*)

WIEDEMANN. *Die Lehre*... L'étude de l'électricité. Brunswick. In-8°. T. I, XI-795 p. 25 fr.

BALLING. *Compendium*... Compendium de chimie métallurgique. Bonn. In-8°, VIII-287 p., av. 1 pl. 10 fr.

UHLAND. *Handbuch*... Manuel du constructeur de machines. Leipzig. In-4°. Livraisons 23-26. Chaque livraison 3f,75.

—— *Fortschritte*... Progrès de l'industrie et de la technique. Iéna. In-8°. T. I, 1re partie, 112 p., av. 300 fig. et 20 pl. 8f,50.

—— *Die Woolf'schen*... Les machines de Woolf et compound. Leipzig. In-4°. 1re partie, 32 p., av. 8 pl. 8f,50.

*Beiträge zur Kenntniss*... Contributions à la connaissance de l'empire russe et des pays limitrophes d'Asie. Publié aux frais de l'Académie impériale des sciences par *G. v. Helmersen* et *L. v. Schrenck*. Saint-Pétersbourg. In-8°. 2e suite. T. IV et V, 412 p., av. 1 carte et 1 atlas de 6 pl. 16f,25. (T. V. Observations géologiques et physico-géographiques dans le district minier d'Olonetz, par *G. v. Helmersen*.)

DZIOBECK. *Neue Beiträge...* Nouvelles contributions à la théorie de l'hexagone de Pascal. Berlin. In-8°, 38 p. 1f,50.

H. B. GEINITZ und J. V. DEICHMÜLLER. *Nachträge...* Compléments au Dyas. Cassel. In-4°. I et II, 46 p., av. 9 pl. Chaque vol. 25 fr. (*Mittheil. aus d. k. mineral. geol. und præhistor. Museum in Dresden.*)

MARTINI und CHEMNITZ. *Systematisches Conchylien-Cabinet...* Collection systématique de coquilles. Publié et complété par *H. C. Küster* en collaboration avec Philippi, L. Pfeiffer, Dunker, etc., continué après sa mort par *W. Kobelt* et *H. C. Weinkauff.* Nüremberg. In-4°. Livraisons 312-315; 150 p., 24 pl. Chaque livraison 11f,25. — Sect. 98-100 : 80 p., 17 pl. — p. 129-230, 18 pl. — 80 et 56 p., 17 pl. Chaque livraison 33f,75.

PENCK. *Die Vergletscherung...* Les glaciers des Alpes allemandes, leurs conditions, leurs variations périodiques et leur influence sur la configuration du sol. Leipzig. In-8°, VIII-483 p., av. 16 fig., 2 cartes et 2 pl. 15 fr.

PULUJ. *Strahlende...* Matière radiante. Mémoires II-IV. Vienne. In-8°, 19-13-11 p. 2f,80. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissenschaften.*)

SIMONY. *Ueber eine Reihe...* Sur une série de nouveaux principes mathématiques expérimentaux. Vienne. In-8°, 22 p., 5 pl. 1f,90.

WESENDONCK. *Untersuchungen...* Recherches sur les spectres des combinaisons du carbone. Berlin. In-8°, 74 p. 2f,25.

CURANT. *Zahnradbahnen...* Chemins de fer à crémaillère en général. Vienne. In-4°, 47 p., 10 pl. 10 fr.

ELSNER. *Die Metalle...* Les métaux, leur travail, leurs sels, etc. Halle. In-8°, XII-211 p. 3f,75.

*Handbuch der chemischen...* Manuel de technologie chimique, composé et publié par *P. Bolley*, en collaboration avec plusieurs savants et praticiens; continué après sa mort par *K. Birnbaum.* Brunswick. In-8°. T. I, 3e groupe, 2e partie; t. VIII, 1re partie; t. VI, 4e groupe; XIII-356 p.; XI-317 p., et XIII-204 p., 26f,90.

SCHMITT. *Bahnhöfe...* Gares et constructions des chemins de fer à locomotives. Leipzig. In-4°, 2e partie, 2e livraison; III p. et p. 305-408, av. 6 pl. 10 fr.

v. DUNIKOWSKI. *Die Spongien...* Les spongiaires, les radiolaires et les foraminifères des couches infraliasiques du Schafberg près de Salzbourg. Vienne. In-4°, 34 p., 6 pl. 5 fr. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. d. Wissenschaften.*)

F. E. GEINITZ. *Die scandinavischen...* Les roches à plagioclase de Scandinavie et la phonolithe du diluvium mecklembourgeois.

Halle. In-4°, 67 p. 3f,15. (Extr. des *Nova Acta d. k. Leop. Carol. dentsch. Akad. d. Naturforscher.*)

Glaser-De Cew. *Die magnetelektrischen...* Les machines magnéto-électriques et dynamo-électriques et les batteries secondaires. Vienne. In-8°, xiv-263 p. 3f,75.

Holzmüller. *Einführung...* Introduction à la théorie des familles isogonales et des figures conformes. Leipzig. In-8°, viii-284 p., av. 26 pl. 14 fr.

Jentsch. *Ueber Kugelsandsteine...* Sur les grès en boule comme galets diluviens caractéristiques. Berlin. In-8°, 12 p., avec 1 pl. 1f,90. (Extr. du *Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt für* 1881.)

—— *Die Lagerung...* Le gisement de la faune diluvienne de la mer du Nord à Marienwerder. Berlin. In-8°, 24 p, av. 1 pl. 2f,25. (Extr. du même recueil.)

Mojsisovics v. Mojsvar. *Die Cephalopoden...* Les céphalopodes de la province triasique méditerranéenne. Vienne. In-4°, ix-322 p., av. 94 pl. 175 fr. (*Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, t. X.)

Palm. *Grundriss...* Principes de l'analyse chimique qualitative et quantitative, avec un tableau général des principaux alcaloïdes végétaux et une planche spectrale. Leipzig. In-8°, 190 p. 5 fr.

Ledebur. *Vollständiges Handbuch...* Manuel complet de la fonderie de fer. Weimar. In-8°, xii-389 p., av. 1 atlas de 29 pl. 16f,90.

Schäffer und Budenberg. *Ueber Indicatoren...* Sur les indicateurs et leur emploi pour l'essai des machines à vapeur. Buckau-Magdebourg. In-8°, iii-116 p. 6f,25.

Ben Saude. *Ueber den Perowskit.* Sur la pérowskite. In-4°, iv-39 p., av. 2 pl. 3f,50.

Dedekind. *Ueber...* Sur les discriminants de corps finis. Gœttingen. In-4°, 56 p. 3 fr.

Enneper. *Ueber Flächen...* Sur des surfaces à courbes méridiennes particulières. Gœttingen. In-4°, 88 p. 4f,50.

Weber. *Der Rotationsinduktor...* L'inducteur de rotation, sa théorie et son emploi à la détermination du Ohm en quantités absolues. In-8°, iv-76 p., av. 2 pl. 3 fr.

Thielmann. *Lehr- und Handbuch...* Traité et manuel des installations complètes de chaudières à vapeur. Leipzig. In-8°. T. I, fasc. 11-22. T. II, fasc. 1-8. 19 fr.

*Paläontologische Abhandlungen...* Mémoires paléontologiques, publiés par *W. Dames* et *E. Kayser*. Berlin. In-4°. T. I, fasc. 1, 35 p., 5 pl. (Nouvelles contributions à la connaissance du jurassique supérieur et des formations wealdiennes des environs de Hanovre). 7f,50.

ABICH. *Geologische Forschungen...* Explorations géologiques dans les régions du Caucase. Vienne. In-8°, 2e partie. Géologie du plateau arménien. x-478 p. av. 28 pl. et 5 cartes. 90 fr.

DOELTER. *Die Vulcane...* Les volcans des îles du Cap Vert et leurs produits. Graz. In-8°, IV-173 p., av. 3 pl., une carte géologique, 3 vues et 4 profils. 8f,25.

HAEUSSLER. *Beiträge...* Contributions à la théorie mécanique de la chaleur, étude mathématique des travaux internes dus à la chaleur. Leipzig. In-8°, 76 p. 1f,50.

JACOBI'S *gesammelte...* Œuvres complètes de Jacobi; publiées par les soins de l'académie des sciences de Prusse. T. II, publié par *K. Weierstrass*. Berlin, In-4°, VI-527 p. 21f,25.

WACH. *Mittheilungen...* Communications sur des formes cristallines isométriques. Pilsen. In-8°, 75 p., av. 3 pl. 1f,50.

V. ZAHN. *Untersuchungen...* Recherches sur l'électricité de contact. Leipzig. In-8°, IV-59 p., av. 1 pl. 2f,50.

DÜRRE. *Die Anlage...* Établissement et exploitation des usines à fer. Leipzig. In-4°. Livraisons 13-15. (T. I, XII et 313-350 p.; t. II, p. 1-64, av. 14 pl.) Chaque livraison 7f,50.

FRANZ und DANNENBERG. *Hüttenmännisches...* Dictionnaire des usiniers. Leipzig. In-8°, 1re livraison, 176 p. 3f,15.

---

## OUVRAGES ITALIENS.

BECHI. *Analisi chimica...* Analyse chimique de deux eaux minérales récemment découvertes à Montecatini. Florence. In-16, 11 p.

CURO. *Materiali...* Matériaux pour l'altimétrie de l'Italie, série V. Turin. In-8°, 24 p.

DE BOSNIASKI. *L'eta geologica...* L'âge géologique des montagnes de la Tolfa. Pise. In-8°, 5 p. (Extr. des *Verbali della soc. tosc. d. scienze naturali*).

MENEGHINI. *Nuovi trilobiti...* Nouveaux trilobites de Sardaigne Pise. In-8°, 8 p. (Extr. du même recueil.)

D'ACHIARDI. *Su di alcuni...* Sur quelques minéraux de la mine du Frigido près Massa des Alpes apuennes. Pise. In-8°, 8 p. (Extr. du même recueil.)

FERRARA. *Sulla ferrovia...* Sur le chemin de fer du Saint-Gothard. Naples. In-4°, 18 p., 8 pl. 3f,50.

MERCALLI. *I terremoti...* Les tremblements de terre de l'île d'Ischia Milan. In-8°, 18 p.

ROSSI. *Sulla chiusa*... Sur l'enceinte de Quero et l'époque glaciaire du Piave et de la Brenta. Padoue. In-8°, 20 p. (Extr. du *Bullett. d. soc. Veneto-trentina d. scienze naturali*)

MIGLIETTA. *Sulla vetture*... Études sur les voitures à vapeur. Mortara. In-8°, 49 p. 2 fr.

TARAMELLI. *Sulle posizione*... Sur la position stratigraphique de la zone à phyllites de Rotzo et des calcaires marins dans lesquels elle est comprise. Milan. (Extr. des *Rendiconti d. Istit. Lombardo*).

BELTRAMI. *Sull' equilibrio*... Sur l'équilibre des surfaces flexibles et inextensibles. Bologne. In-4°, 51 p.

BOMBICCI. *Nuovi studii*... Nouvelles études sur la polygenèse des minéraux, partie II. Mémoire lu à l'académie des sciences de l'Institut de Bologne.

—— *Il sollevamento*... Le soulèvement de l'Apennin bolonais par l'action directe de la gravité et des pressions latérales. Bologne. In-4°, 23 p. (Extr. des *Mem. dell' Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

COPPI. *Le marne turchine*... Les marnes turquines et leurs fossiles dans le Modénais. Modène. In-8°, 30 p.

ERCOLANI. *Il limite*... La limite dans l'économie des forces ou les évolutions définies. Reggio de Calabre. In-8°, LXVIII p.

RICCIARDI. *Ricerche*... Recherches chimiques sur les dépôts de tufs volcaniques de la province de Salerne. Catane.

RIGHI. *Sulle figure*... Sur les figures électriques en forme d'anneaux. Bologne. In-4°, 15 p. (Extr. des *Mem. dell' Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

—— *Le ombre*... Les ombres électriques; 2° mémoire. Bologne. In-4°, 40 p., 3 pl. (Extr. du même recueil.)

PINCHERLE. *Sopra alcuni*... Sur quelques développements en séries pour des fonctions analytiques. Bologne. In-4°, 32 p. (Extrait du même recueil.)

FAIS. *Intorno all' integrazione*... Sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre, linéaires, à quatre variables indépendantes ou davantage. In-8°, 19 p. (Extr. du même recueil.)

BOSCHI. *Determinazione*... Détermination des centres de courbure des conques. Bologne. In-4°, 12 p. (Extrait du même recueil.)

CHICCHI. *Procedimenti*... Procédés pour les épreuves de la solidité des travées métalliques par le calcul des flèches théoriques et d'un nouvel instrument pour la mesure des flèches effectives. Padoue. In-4°, 49 p. 3f,50.

NICOLIS. *Carta geologica*... Carte géologique de la province de Vérone en 4 feuilles à l'échelle de 1 à 75.000, avec un volume de notes explicatives. Vérone. In-8°, 144 p. et 1 pl. 8 fr.

COCCONI. *Aggiunta*... Addition à l'énumération systématique des mollusques miocènes et pliocènes des provinces de Parme et de Plaisance. Parme. In-4°, 40 p., av. 1 pl.

HERZEN. *Materia*... Matière et force dans le monde inorganique. Milan et Turin. In-8°, 19 p. (Extr. de la *Rivista d. filosofia scientifica.*)

MATTIROLO. *Sulla tormalina*... Sur la tourmaline noire dans le schiste chloritique de Monastero di Lanzo; recherches de chimie minéralogique. Turin. In-8°, 8 p. (Extr. des *Atti della R. Accad. d. scienze di Torino*).

ZECCHINI. *Sulla magnetite*... Sur la magnétite de Cogne, vallée d'Aoste; recherches de chimie minéralogique. In-8°, 9 p. (Extr. du même recueil).

DALLA ROSA. *Il petrotio*... Le pétrole en Italie, et spécialement dans les dépôts souterrains du sous-sol de Salsomaggiore. Borgo S. Donnino. In-8°, 36 p.

TOMMASI. *Il trias*... Le trias inférieur de nos Alpes avec ses gisements métallifères. Le pic des Trois-Seigneurs. Milan. In-8°, 71 p., avec une carte géologique.

RANCO. *Le ferrovie*... Les chemins de fer du Rigi et de la Superga. Turin. In-32, 13 p.

BARETTI. *Relazione*... Rapport sur les conditions géologiques du versant droit de la vallée de la Dora Riparia entre Chiomonte et Saltertrand. Turin. In-8°, 25 p., av 7 pl.

DE GIORGI. *Il carbon fossile*... Le charbon fossile dans la province de Lecce. Maglie. In-8°, 20 p.

DE LUCCHI. *Di alcune*... De quelques applications du téléphone aux mensurations électriques. Venise. In-8°, 23 p. (Extr. de l'*Ateneo veneto.*)

GEMMELLARO. *Sul trias*... Sur le trias de la région occidentale de la Sicile. Rome. In-4°, 25 p., 5 pl.

ISSEL. *Di uno strumento*... Sur un instrument destiné à mesurer l'intensité de la gravité. Gênes. In-8°, 7 p.

NICOLIS. *Sul sistema*... Sur le système liasico-jurassique de la province de Vérone. Vérone. In-8°, 94 p.

PELLEGRINI. *Avanzi animali*... Restes animaux de l'époque de bronze dans la province de Mantoue. Padoue. In-8°, 36 p. (Extr. des *Atti d. soc. Veneto-trentina d. scienze naturali.*)

PONZI. *Intorno alla sezione*... Sur la coupe géologique découverte

à Tavolato sur la nouvelle voie Appienne; avec une note de R. *Meli* sur la fondation des murs du Panthéon. In-4°, 12 p.

Tuccimei. *La geologia...* La géologie du Latium. Rome. In-8°, 24 p.

Pizzarello. *Riflessioni...* Réflexions sur la chaleur atomique, sur la chaleur moléculaire et sur la constitution probable des corps. Macerata. In-8°, 46 p.

Emo. *Sui calori...* Sur les chaleurs spécifiques et sur les contractions des solutions aqueuses de glycérine. Trévise. In-8°, 45 p., av. 1 pl.

Moro. *Perizia...* Expertise juridique de la mine de lignite de Morgnano et Santa-Croce sur le territoire de Spolète (Ombrie). Forli. In-8°, 14 p.

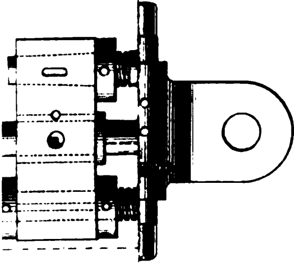
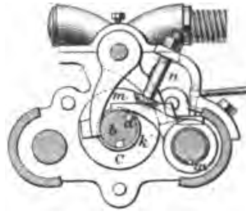


Fig. 3



Coupe par A.B.

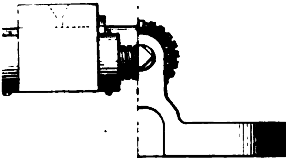
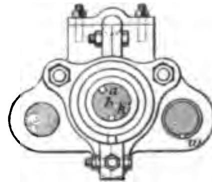
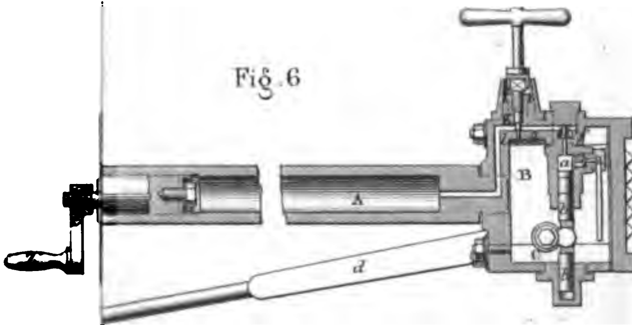


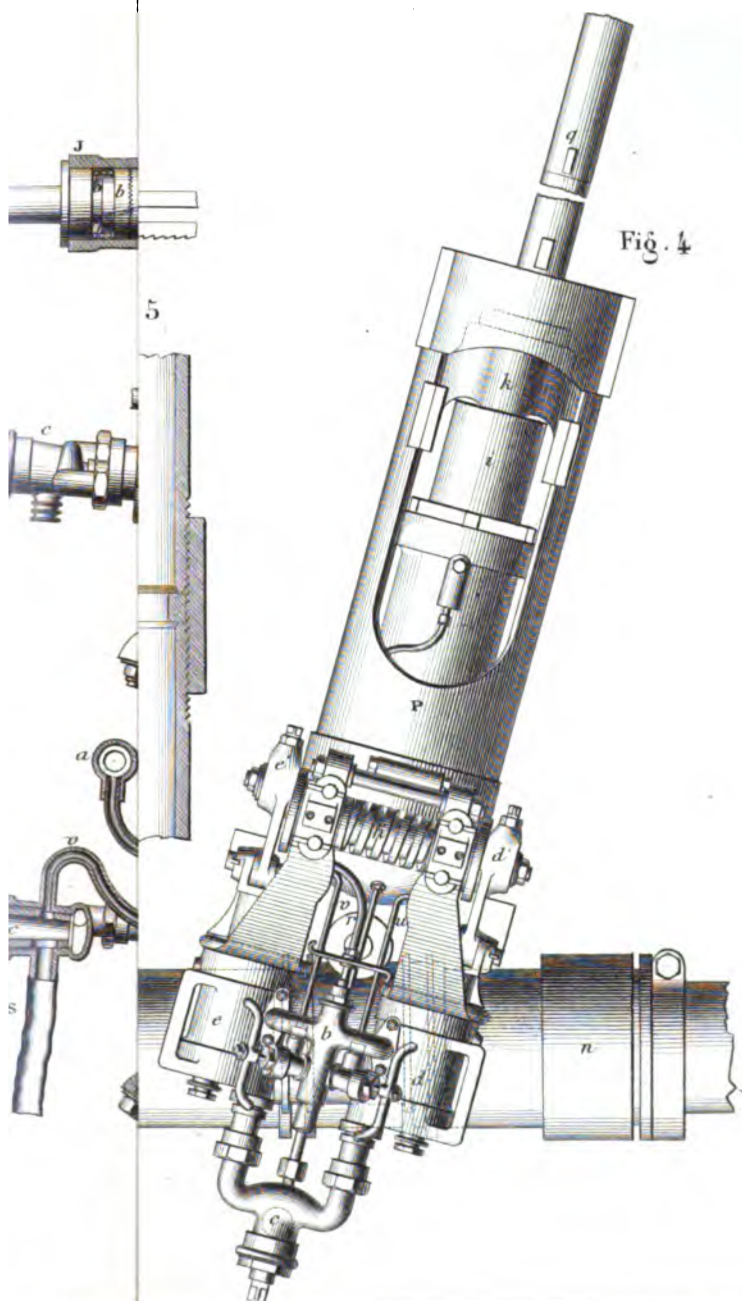
Fig. 4



Coupe par C.D.

Fig. 6

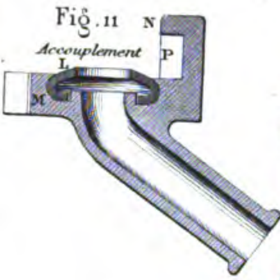


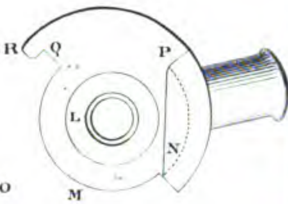





Macquet sc

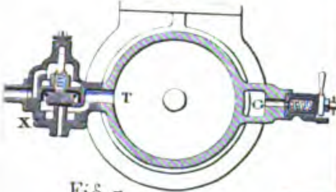
# Frein à air comprimé de M. Wenger

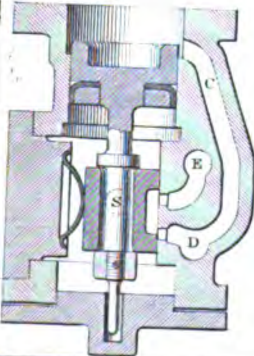


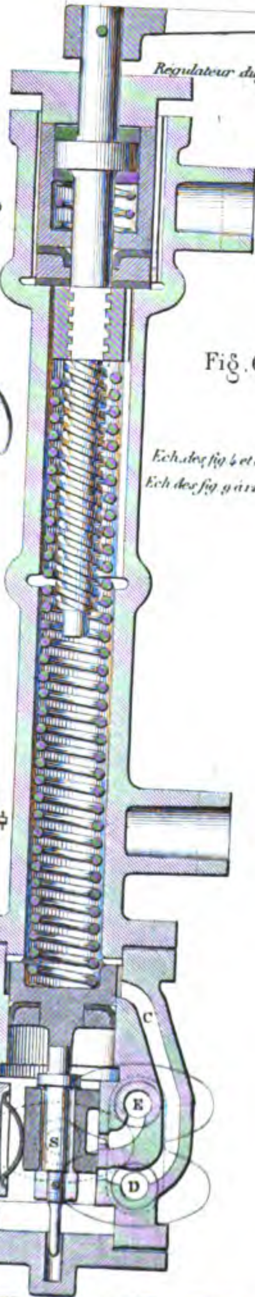









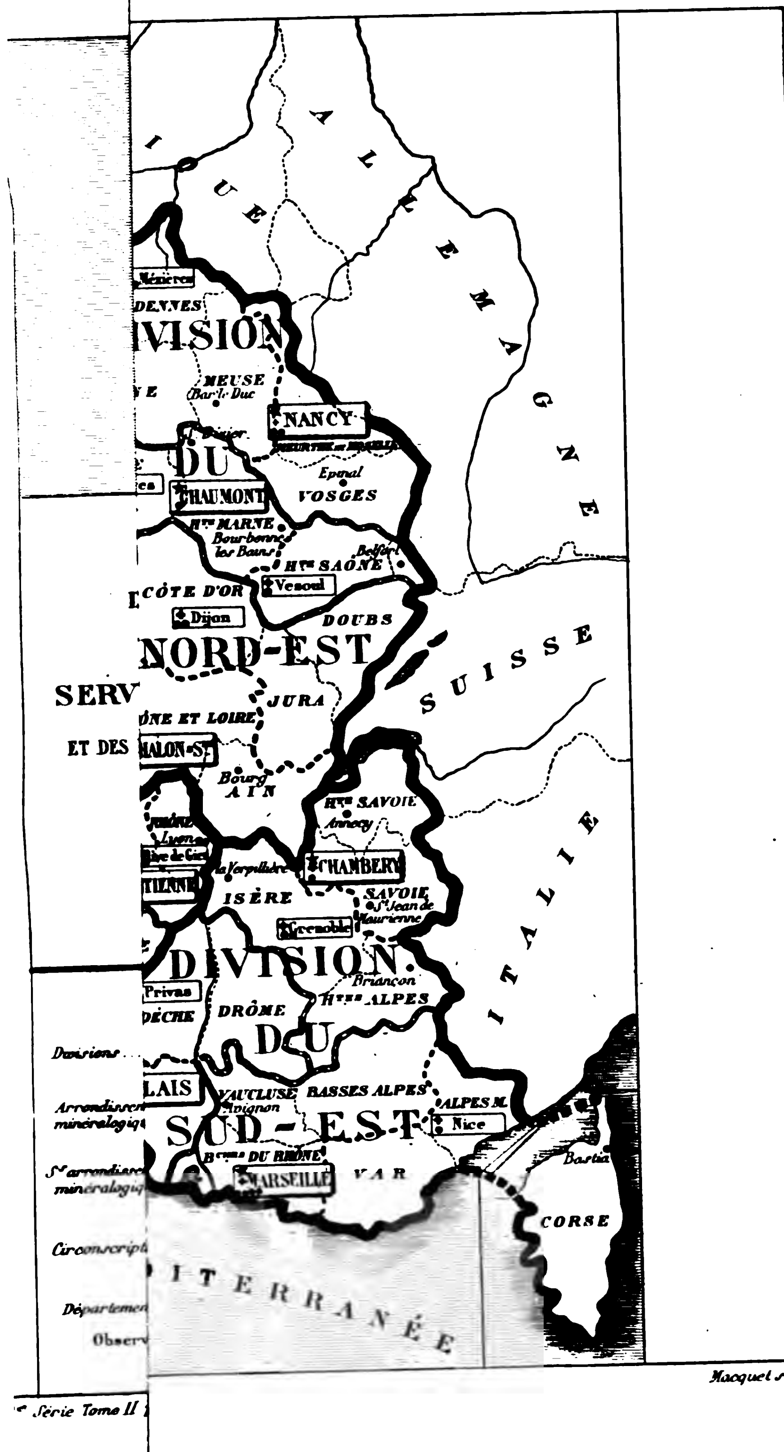



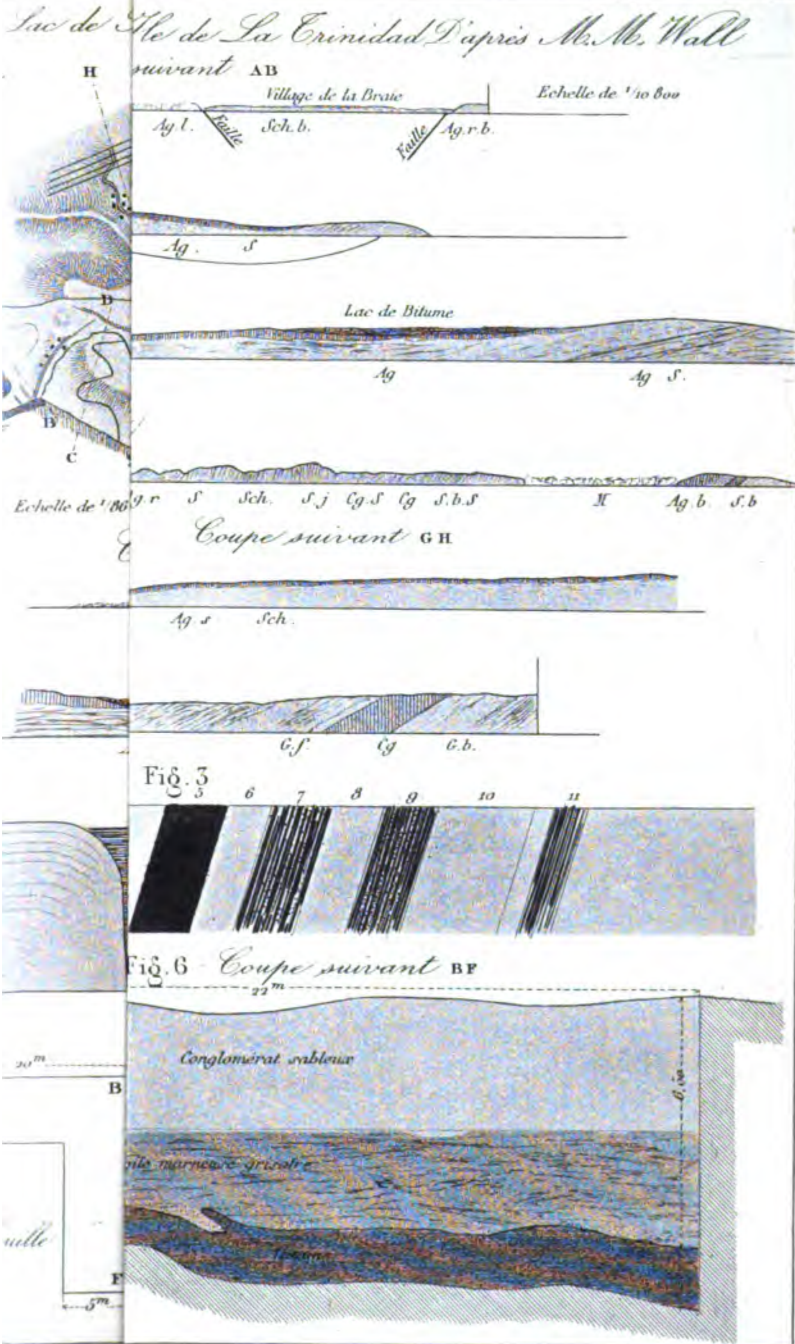



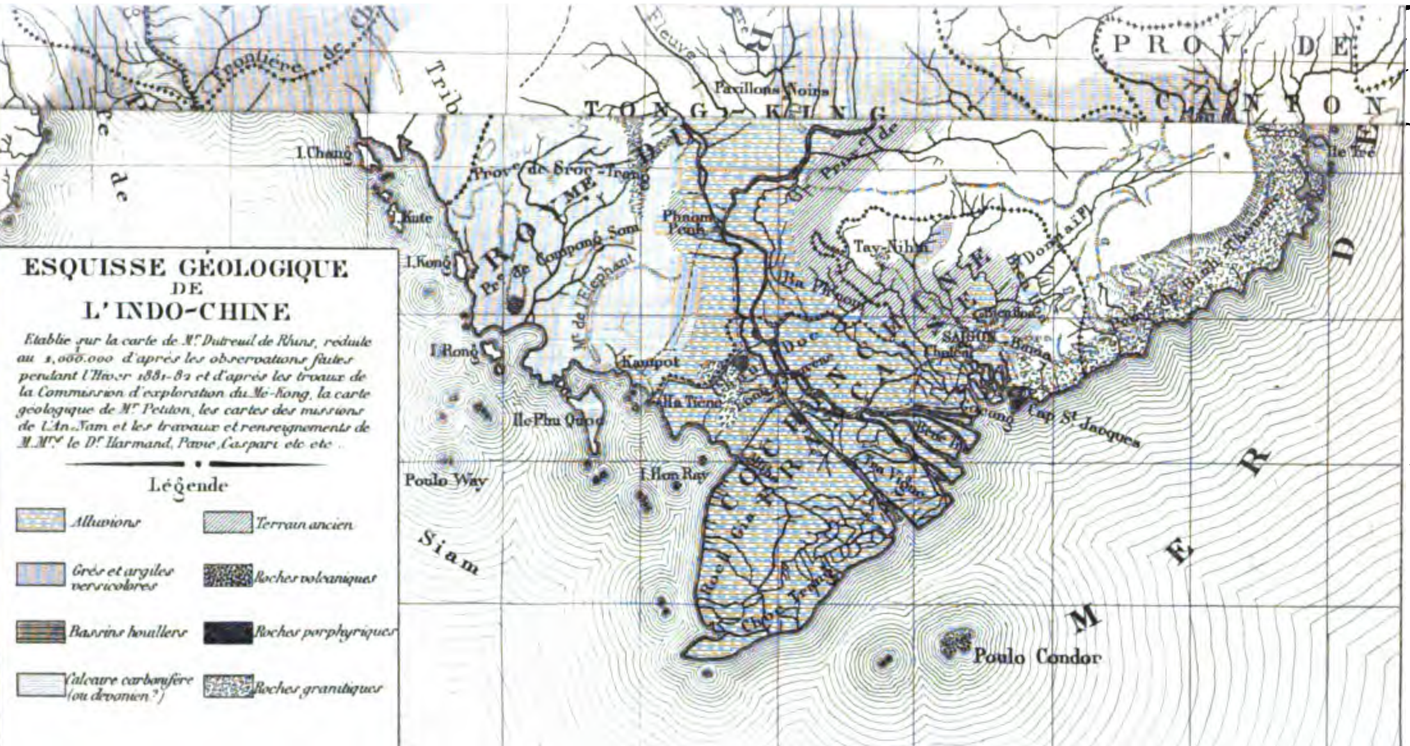

Ech. des fig. 4 et 5 0m 08 p. r 1m
Ech. des fig. 9 à 12 0m 20 p. r 1m

Tunnel
Tunnel d
(15o
8e Séri

Marquet sc.


ALLEMAGNE
SUISSE
ITALIE
CORSE
Bastia
DIVISION
DU
NORD-EST
DIVISION
DU
SUD-EST
NANCY
CHAUMONT
Vesoul
Dijon
CHAMBERY
Grenoble
Privas
MARSEILLE
Nice
MEUSE
Bar le Duc
VOSGES
Epinal
H.te MARNE
Bourbonne les Bains
H.te SAONE
Belfort
CÔTE D'OR
DOUBS
JURA
AIN
Bourg
H.te SAVOIE
Annecy
SAVOIE
S.t Jean de Maurienne
ISÈRE
la Verpillière
Briançon
H.tes ALPES
DRÔME
VAUCLUSE
Avignon
BASSES ALPES
ALPES M.
B.ches DU RHÔNE
VAR
SERV
ET DES
Divisions
Arrondissem
minéralogiq
S.s arrondissem
minéralogiq
Circonscripti
Départemen
Observ
Macquet sc


Lac de l'Ile de La Trinidad D'après MM. Wall
suivant AB
Village de la Braie
Echelle de 1/10 800
Ag.l.
Faille
Sch.b.
Faille
Ag.r.b.
H
Ag.
S
D
Lac de Bitume
Ag
Ag S.
B
C
Echelle de 1/86
S
Sch.
S.j
Cg.S
Cg
S.b.S
Ag.b.
S.b
Coupe suivant GH
Ag.s
Sch.
G.S.
Cg
G.b.
Fig. 3
5
6
7
8
9
10
11
Fig. 6
Coupe suivant BF
22 m
Conglomérat sableux
B
F
5 m
8e Serie Tome
Macquet sc.


ESQUISSE GÉOLOGIQUE
DE
L'INDO-CHINE
Etablie sur la carte de Mr. Dutreuil de Rhins, reduite au 1,000.000 d'après les observations faites pendant l'Hiver 1881-82 et d'après les travaux de la Commission d'exploration du Mé-Kong, la carte géologique de Mr. Petiton, les cartes des missions de l'An-Nam et les travaux et renseignements de M.Mrs. le Dr. Harmand, Pavie, Caspari etc etc.
Légende
Alluvions
Terrain ancien
Grés et argiles versicolores
Roches volcaniques
Bassins houillers
Roches porphyriques
Calcaire carbonifère (ou devonien?)
Roches granitiques
PROV. DE
TONG-KING
Pavillons Noirs
Fleuve
Trib
Frontière de
I. Chang
Kute
I. Kong
I. Rong
Ile Phu Quoc
Poulo Way
Siam
Kampot
Ha Tiene
Phnom Penh
Tay-Ninh
Prov. de Sroc-Treng
Mt. de l'Eléphant
I. Hon Ray
SAIGON
Cap St. Jacques
Poulo Condor
M
E
R
D
Ile Ree

E HON-GÂC ( TONG-KING )

Mines, par Mr Edouard Saladin, Ingénieur civil des Mines

| ENDE | Cotes au-dessus de la mer | |
|---|---|---|
| | Points | Côtes |
| éguiberry | | 35 |
| otte | | 82 |
| erite | | 50 |
| re des Chinois | | 2 |
| s | C | 92 |
| | D | 95 |
| ent de Houille | E | 120 |
| rumée des couches | F | 80 |
| ent de schiste d | H | 150 |
| s | | |
| u lever à la Boussole | | |
| arbon de bois | | |
| proximatif de | | |
| ment du calcaire | | |
| profond | | |

Collines basses boisées

Grand rocher calcaire à 4 Km. env. du point K

So

Ha-Tou

So

Gr

Bizières

Gr

So

Gr

Gr

Gr

Gr

Po

Po

Po

le village de

E DE

uang-Yen et Hai-Phong

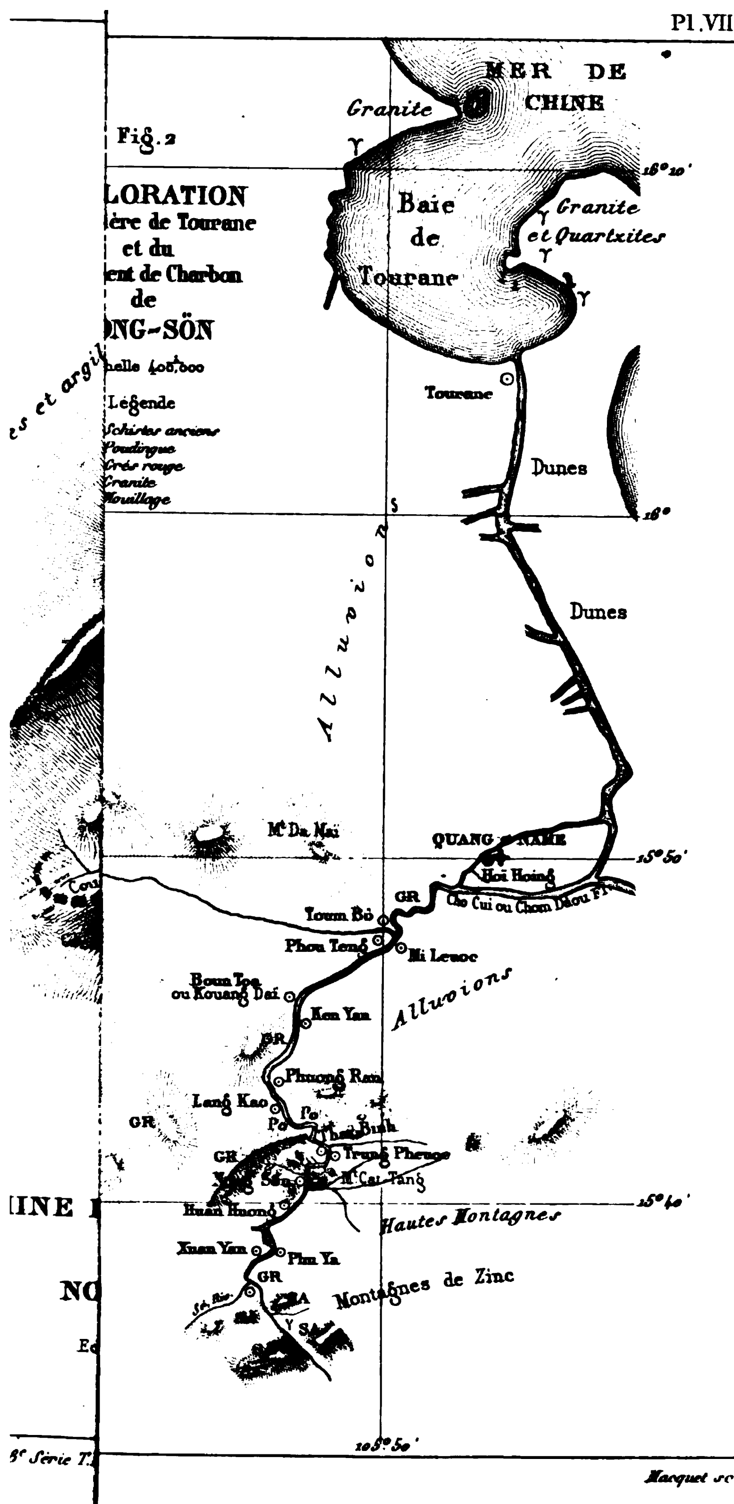
écouverte à marée basse

LFE D

BAIE DE HÂ-LONG



Macquet sc


Fig. 2
LORATION
ère de Tourane
et du
ent de Charbon
de
NG-SÖN
helle 400.000
Légende
Schistes anciens
Poudingue
Grès rouge
Granite
Mouillage
MER DE CHINE
Granite
Baie de Tourane
Granite et Quartzites
Tourane
Dunes
Dunes
Alluvions
Mt Da Naï
QUANG-NAM
Hoï Hoing
Cho Cui ou Chom Dâou
GR
Toum Bô
Phou Teng
Mi Leuoc
Boum Toa ou Kouang Daï
Ken Yan
Alluvions
Phuong Ran
Lang Kao
Thaï Binh
Trung Phenoc
Mt Caï Tang
Huan Huong
Hautes Montagnes
Xuan Yan
Phu Ya
Montagnes de Zinc
16° 10'
16°
15° 50'
15° 40'
105° 50'
INE
NO

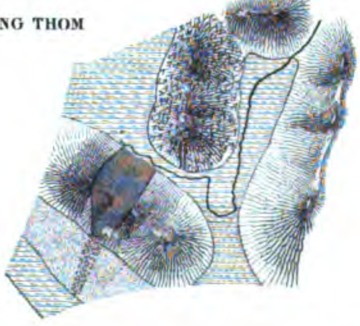


Macquet sc

ES de div
Fig. 8
ent de la Mine
uibérry

Ph'nom Deck
Tra Muno
They Twea
Son Long
Chom Bac
Prey te Teng
Nord Magnétique
La Déclinaison est d'environ 3° vers l'Est
Prea Tombac
Khpos
Riv. Sene
Maha
Bom Tom Lac
An Kemar
COMPONG THOM

Fig. 11
Détail du Site de Ph'nom Deck
Echelle $\frac{1}{100,000}$



*Itinéraire*
*Alluvions*
*Granulite*
*Amas de fer*
*Tuf porphyrique*
*Grès*

eintse

érie T II, pa

Macquet sc

Pl. X.

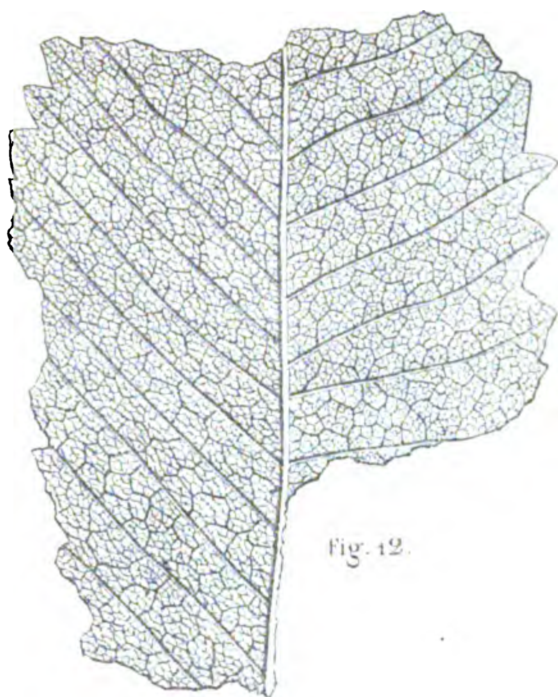


Fig. 12.

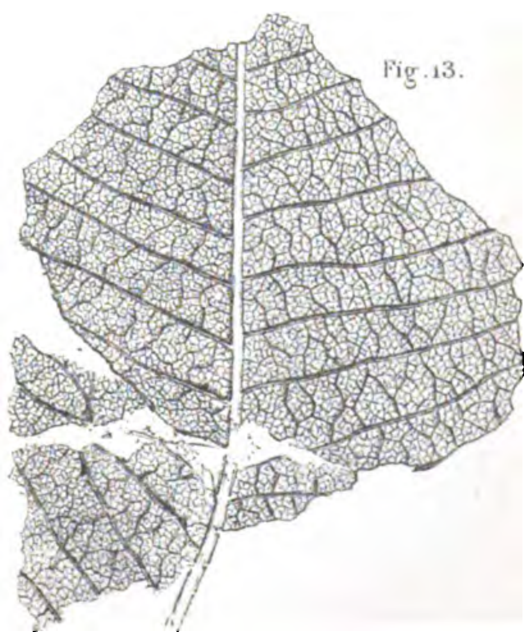
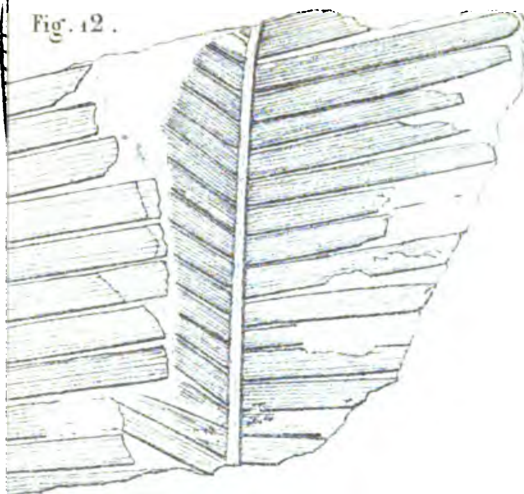
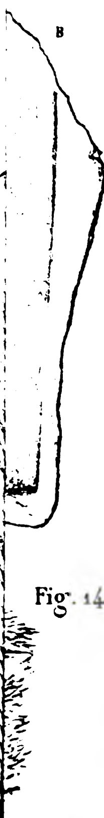


Fig. 13.

'Serie, Tom

Cuisin del.


Fig. 12.



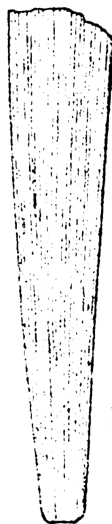


Fig. 13.

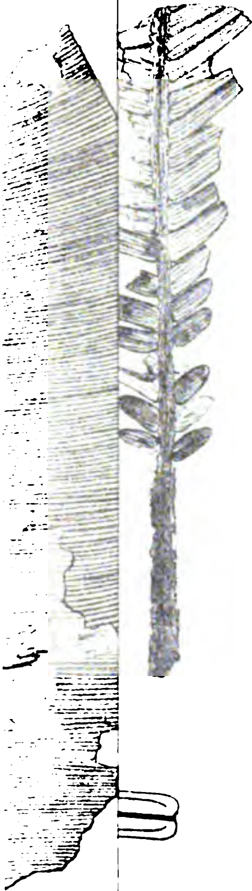

Fig. 15

Fig. 14.


Fig. 16.



Cuisin del.



'ig. 2.





ig. 9. A

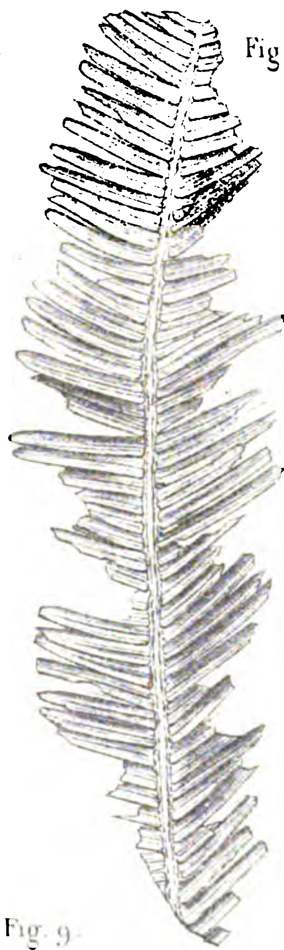


Fig. 10.

Fig. 9.



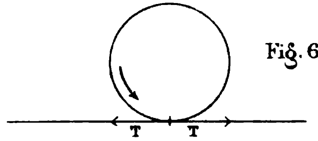


Fig. 11.



Cussin del.

Action des freins



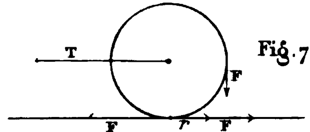
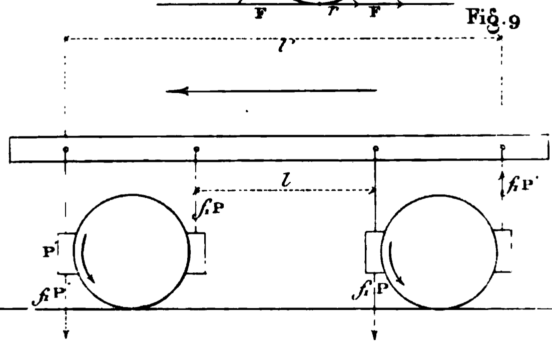
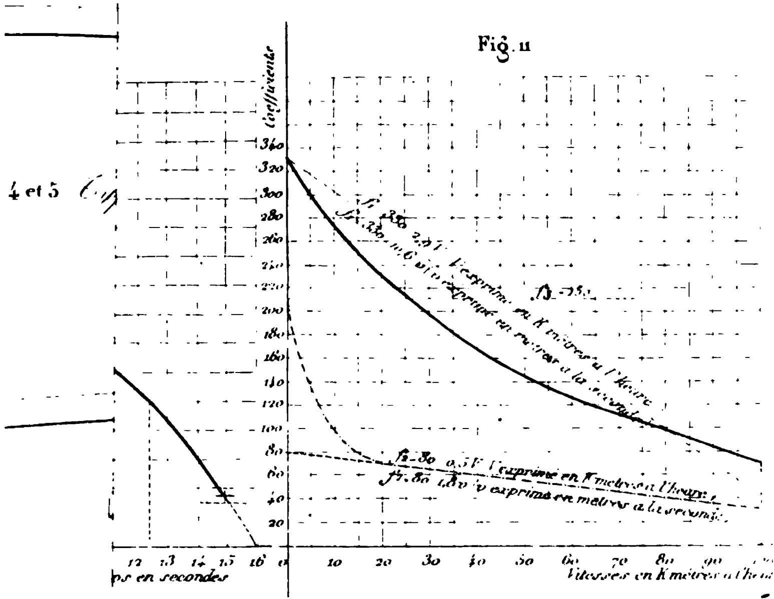




Fig. 2

Plan



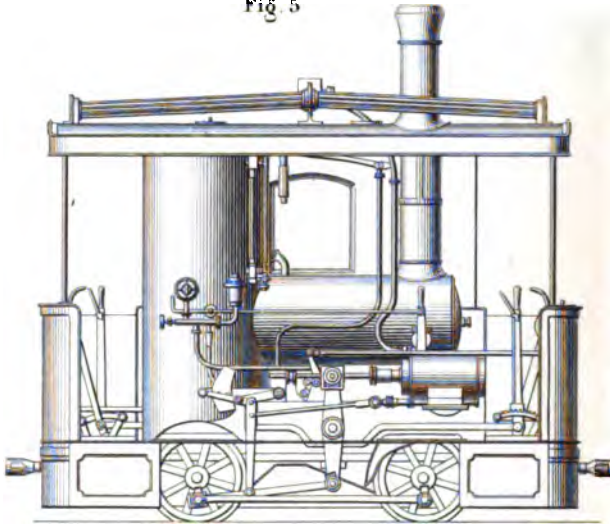

4 et 5

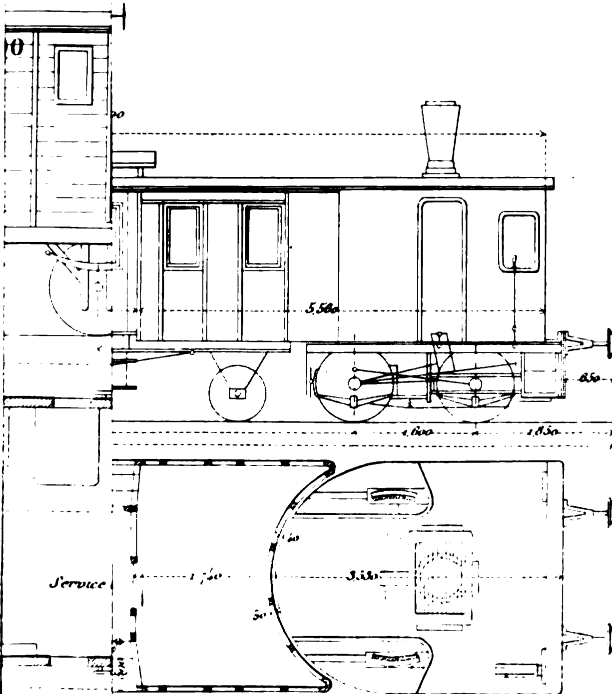





Macquet

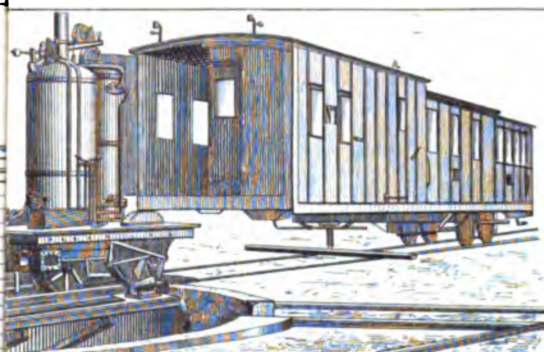
Fig. 5



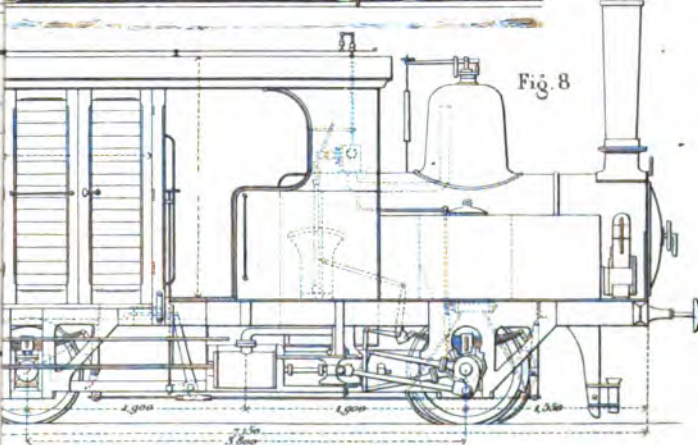


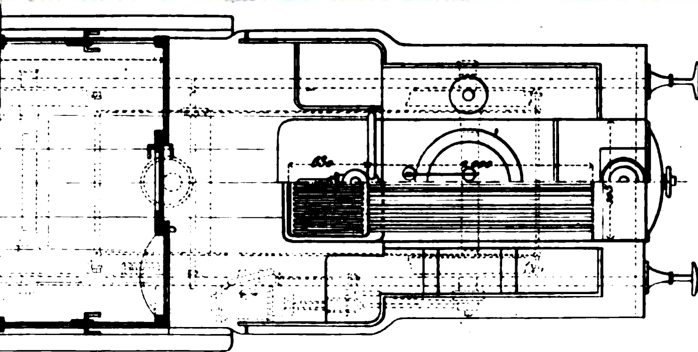

...es 9e Serie

Muguet sc







Macquet sc

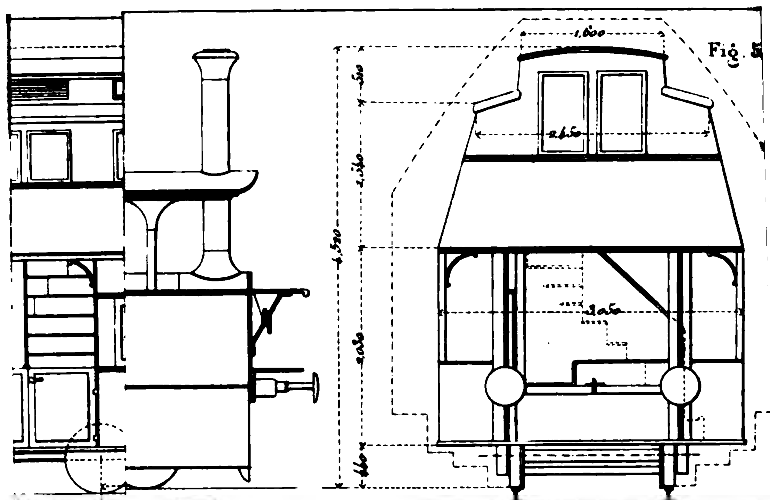



Fig. 7

Fig. 9



Marquet s

Fig. 3

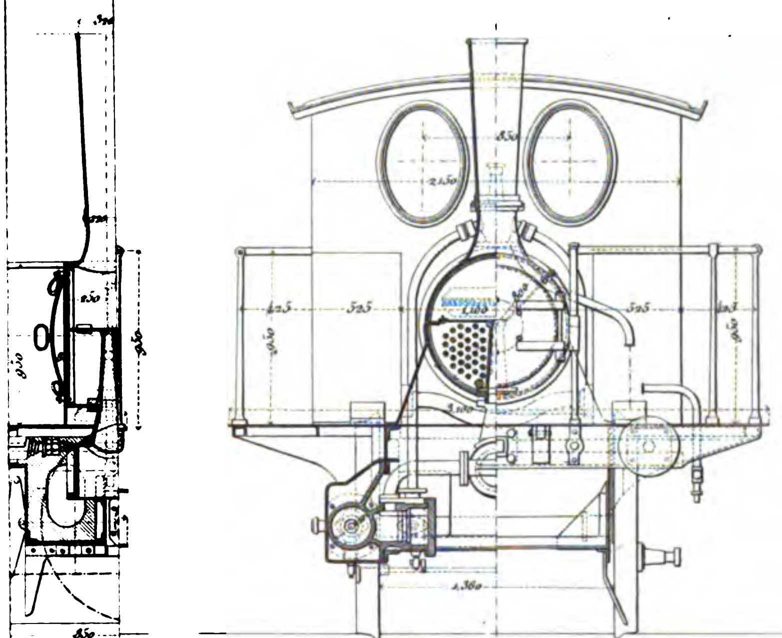
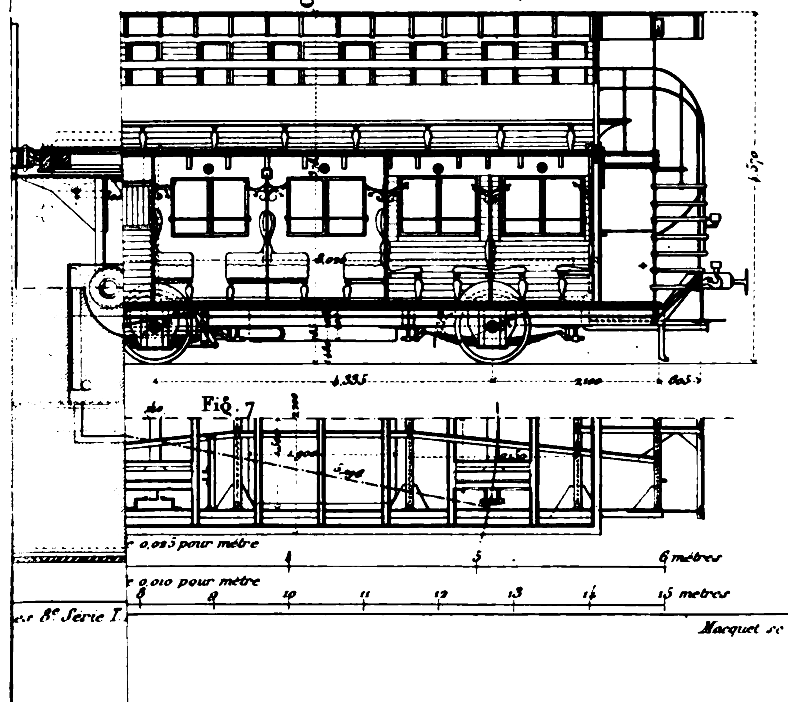



Fig. 6




8e Série I.

Macquet sc

